

# Csillagászati évkönyv 1981





# CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV





Schmidt

# CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1981. évre

Szerkesztette

a TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályának  
Országos Választmánya

az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Csillagászati Csoportjának  
és

az MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályának  
közreműködésével

Gondolat Kiadó · Budapest 1980

Címképünkön: A Szojuz űrhajó hordozórakétája a start előtt (APN)  
A hátsó borítón: Az M 82 jelű szabálytalan galaxis

MTA Csillagvizsgáló  
Inketei könyvtára

16.553/19 8.1

TÖRÖLVE

ISSN 0526—233 X

© Gondolat Kiadó, 1980

# CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1981. ÉVRE

Az adatokat összeállították  
az MTA Napfizikai Obszervatórium kutatói

## FIGYELEM!

A közép-európai zónaidőben (KözEI) megadott  
időadatokhoz a nyári időszámítás tartama alatt  
1<sup>h</sup>-t hozzá kell adni!

# I. JANUÁR

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						fényváltozásai
				NAP			HOLD			
				Budapesten			Budapesten			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(1)	1	7 32	11 48	16 03	2 26	13 09		
2	P		2	7 32	11 48	16 04	3 28	13 38		
3	Sz		3	7 32	11 49	16 05	4 29	14 12		
4	V		4	7 32	11 49	16 06	5 30	14 51		
5	H	2	5	7 32	11 50	16 07	6 29	15 37		
6	K		6	7 32	11 50	16 09	7 23	16 31	●	08 25
7	Sz		7	7 31	11 51	16 10	8 10	17 33		
8	Cs		8	7 31	11 51	16 11	8 53	18 40		
9	P		9	7 31	11 51	16 12	9 29	19 50		
10	Sz		10	7 30	11 52	16 14	10 02	21 02		
11	V		11	7 30	11 52	16 15	10 32	22 16		
12	H	3	12	7 29	11 53	16 16	11 00	23 30		
13	K		13	7 29	11 53	16 17	11 28	—	☾	11 11
14	Sz		14	7 28	11 53	16 19	11 58	0 44		
15	Cs		15	7 28	11 54	16 20	12 32	1 59		
16	P		16	7 27	11 54	16 21	13 10	3 12		
17	Sz		17	7 26	11 54	16 23	13 55	4 23		
18	V		18	7 25	11 55	16 24	14 46	5 30		
19	H	4	19	7 25	11 55	16 26	15 44	6 29		
20	K		20	7 24	11 55	16 27	16 47	7 20	○	08 40
21	Sz		21	7 23	11 56	16 29	17 52	8 02		
22	Cs		22	7 22	11 56	16 30	18 59	8 38		
23	P		23	7 21	11 56	16 32	20 04	9 08		
24	Sz		24	7 20	11 56	16 33	21 08	9 35		
25	V		25	7 19	11 57	16 35	22 10	9 59		
26	H	5	26	7 18	11 57	16 36	23 12	10 23		
27	K		27	7 17	11 57	16 38	—	10 46		
28	Sz		28	7 16	11 57	16 39	0 13	11 11	☾	05 20
29	Cs		29	7 15	11 57	16 41	1 14	11 38		
30	P		30	7 13	11 57	16 42	2 15	12 09		
31	Sz		31	7 12	11 58	16 44	3 15	12 45		

Hold: 15-én 04<sup>h</sup>-kor földközélen  
27-én 21<sup>h</sup>-kor földtávolban

# HÓNAP

0 <sup>b</sup> világidőkor						
Julián szám 2444...	Csillagidő (λ = 0 <sup>b</sup> -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	° '	h m	° '
...605,5	6 42 13,743	18 45,6	—23 02	16 17	14 37,4	— 9 54
606,5	6 46 10,299	18 50,0	22 56	16 17	15 24,1	13 21
607,5	6 50 06,857	18 54,4	22 51	16 17	16 12,6	16 16
608,5	6 54 03,417	18 58,9	22 45	16 17	17 03,3	18 32
609,5	6 57 59,979	19 03,2	22 39	16 17	17 56,2	19 57
610,5	7 01 56,541	19 07,6	22 32	16 17	18 50,8	20 22
611,5	7 05 53,102	19 12,0	22 24	16 17	19 46,4	19 43
612,5	7 09 49,663	19 16,4	22 17	16 17	20 42,2	17 59
613,5	7 13 46,221	19 20,8	22 09	16 17	21 37,4	15 13
614,5	7 17 42,776	19 25,1	22 00	16 17	22 31,7	11 35
615,5	7 21 39,330	19 29,5	21 51	16 17	23 25,1	7 18
616,5	7 25 35,882	19 33,8	21 41	16 17	0 17,9	— 2 35
617,5	7 29 32,434	19 38,1	21 32	16 17	1 10,6	+ 2 17
618,5	7 33 28,986	19 42,4	21 21	16 17	2 04,0	7 04
619,5	7 37 25,542	19 46,7	21 11	16 17	2 58,6	11 29
620,5	7 41 22,099	19 51,0	20 59	16 17	3 54,9	15 15
621,5	7 45 18,660	19 55,3	20 48	16 17	4 53,0	18 06
622,5	7 49 15,222	19 59,6	20 36	16 17	5 52,2	19 51
623,5	7 53 11,784	20 03,8	20 24	16 17	6 51,7	20 21
624,5	7 57 08,346	20 08,1	20 11	16 17	7 50,2	19 38
625,5	8 01 04,905	20 12,3	19 58	16 17	8 46,8	17 47
626,5	8 05 01,462	20 16,5	19 45	16 17	9 40,6	15 02
627,5	8 08 58,016	20 20,7	19 31	16 17	10 31,7	11 37
628,5	8 12 54,568	20 24,9	19 17	16 16	11 20,2	7 44
629,5	8 16 51,119	20 29,1	19 02	16 16	12 06,8	+ 3 38
630,5	8 20 47,670	20 33,3	18 47	16 16	12 52,1	— 0 33
631,5	8 24 44,221	20 37,4	18 32	16 16	13 36,9	4 39
632,5	8 28 40,773	20 41,6	18 16	16 16	14 21,9	8 33
633,5	8 32 37,326	20 45,7	18 00	16 16	15 07,8	12 08
634,5	8 36 33,882	20 49,8	17 44	16 16	15 55,2	15 14
635,5	8 40 30,439	20 53,9	—17 28	16 16	16 44,7	—17 45

Föld: 2-án 2<sup>b</sup> 43<sup>m</sup>-kor napközben (KözEI)

# I. FEBRUÁR

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						fényváltozásai
				NAP			HOLD			
				Budapesten			Budapesten			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	V	(5)	32	7 11	11 58	16 45	4 15	13 28		
2	H		33	7 10	11 58	16 47	5 10	14 18		
3	K		34	7 08	11 58	16 48	6 02	15 17		
4	Sz		35	7 07	11 58	16 50	6 47	16 23	● 23 15	
5	Cs		36	7 05	11 58	16 52	7 27	17 35		
6	P	7	37	7 04	11 58	16 53	8 03	18 48		
7	Sz		38	7 03	11 58	16 55	8 34	20 03		
8	V		39	7 01	11 58	16 56	9 04	21 18		
9	H		40	7 00	11 58	16 58	9 33	22 33		
10	K		41	6 58	11 58	17 00	10 02	23 49		
11	Sz	8	42	6 57	11 58	17 01	10 34		☾ 18 50	
12	Cs		43	6 55	11 58	17 03	11 10	1 02		
13	P		44	6 53	11 58	17 04	11 51	2 13		
14	Sz		45	6 52	11 58	17 06	12 39	3 21		
15	V		46	6 50	11 58	17 07	13 33	4 21		
16	H	9	47	6 49	11 58	17 09	14 33	5 13		
17	K		48	6 47	11 58	17 10	15 37	5 58		
18	Sz		49	6 45	11 58	17 12	16 43	6 35	○ 23 59	
19	Cs		50	6 43	11 58	17 14	17 49	7 08		
20	P		51	6 42	11 58	17 15	18 54	7 36		
21	Sz	9	52	6 40	11 58	17 17	19 56	8 01		
22	V		53	6 38	11 58	17 18	20 59	8 25		
23	H		54	6 36	11 58	17 20	22 00	8 48		
24	K		55	6 34	11 57	17 21	23 01	9 13		
25	Sz		56	6 33	11 57	17 23		9 38		
26	Cs	Sz	57	6 31	11 57	17 24	0 01	10 07		
27	P		58	6 29	11 57	17 26	1 03	10 41	☾ 02 15	
28	Sz		59	6 27	11 57	17 27	2 01	11 19		

Hold: 9-én 00<sup>h</sup>-kor földközélen  
24-én 18<sup>h</sup>-kor földtávolban



# HÓNAP

0 <sup>n</sup> világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő (λ = 0 <sup>n</sup> -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	" "	h m	° '
...636,5	8 44 26,998	20 58,0	—17 11	16 15	17 36,4	—19 29
637,5	8 48 23,557	21 02,1	16 54	15 15	18 30,2	20 18
638,5	8 52 20,117	21 06,2	16 36	16 15	19 25,7	20 04
639,5	8 56 16,675	21 10,2	16 19	16 15	20 22,1	18 43
640,5	9 00 13,232	21 14,2	16 01	16 15	21 18,7	16 16
641,5	9 04 09,786	21 18,3	15 42	16 15	22 14,6	12 50
642,5	9 08 06,338	21 22,3	15 24	16 14	23 09,7	8 37
643,5	9 12 02,888	21 26,3	15 05	16 14	0 04,0	— 3 53
644,5	9 15 59,437	21 30,2	14 46	16 14	0 57,9	+ 1 05
645,5	9 19 55,987	21 34,2	14 27	16 14	1 51,8	5 59
646,5	9 23 52,539	21 38,2	14 07	16 14	2 46,3	10 32
647,5	9 27 49,094	21 42,1	13 47	16 14	3 41,9	14 27
648,5	9 31 45,651	21 46,0	13 27	16 13	4 38,7	17 30
649,5	9 35 42,210	21 49,9	13 07	16 13	5 36,5	19 30
650,5	9 39 38,769	21 53,9	12 47	16 13	6 34,6	20 20
651,5	9 43 35,328	21 57,7	12 26	16 13	7 32,1	19 59
652,5	9 47 31,885	22 01,6	12 05	16 13	8 28,2	18 31
653,5	9 51 28,440	22 05,5	11 44	16 12	9 22,2	16 04
654,5	9 55 24,993	22 09,3	11 23	16 12	10 13,8	12 53
655,5	9 59 21,543	22 13,2	11 02	16 12	11 03,1	9 08
656,5	10 03 18,092	22 17,0	10 40	16 12	11 50,5	5 04
657,5	10 07 14,640	22 20,8	10 18	16 12	12 36,4	+ 0 52
658,5	10 11 11,188	22 24,6	9 56	16 11	13 21,6	— 3 19
659,5	10 15 07,737	22 28,5	9 34	16 11	14 06,6	7 19
660,5	10 19 04,287	22 32,2	9 12	16 11	14 52,1	11 01
661,5	10 23 00,840	22 36,0	8 50	16 11	15 38,7	14 18
662,5	10 26 57,394	22 39,8	8 27	16 10	16 27,0	17 00
663,5	10 30 53,949	22 43,6	— 8 05	16 10	17 17,1	—19 01

# I. MÁRCIUS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						fényváltozásai
				NAP			HOLD			
				Budapestben			Budapestben			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	V	(9)	60	6 25	11 57	17 29	2 57	12 06		
2	H	10	61	6 23	11 56	17 30	3 51	13 00		
3	K		62	6 21	11 56	17 32	4 38	14 01		
4	Sz		63	6 19	11 56	17 33	5 20	15 10		
5	Cs		64	6 18	11 56	17 35	5 58	16 24		
6	P		65	6 16	11 55	17 36	6 32	17 40	● 11 32	
7	Sz		66	6 14	11 55	17 38	7 03	18 59		
8	V		67	6 12	11 55	17 39	7 33	20 17		
9	H	11	68	6 10	11 55	17 41	8 03	21 35		
10	K		69	6 08	11 54	17 42	8 34	22 51		
11	Sz		70	6 06	11 54	17 44	9 10	—		
12	Cs		71	6 04	11 54	17 45	9 50	0 05		
13	P		72	6 02	11 54	17 47	10 36	1 14	☾ 02 51	
14	Sz		73	6 00	11 53	17 48	11 28	2 17		
15	V		74	5 58	11 53	17 49	12 26	3 11		
16	H	12	75	5 56	11 53	17 51	13 28	3 57		
17	K		76	5 54	11 53	17 52	14 33	4 37		
18	Sz		77	5 52	11 52	17 54	15 37	5 10		
19	Cs		78	5 50	11 52	17 55	16 41	5 38		
20	P		79	5 48	11 52	17 57	17 45	6 04	○ 16 23	
21	Sz		80	5 46	11 51	17 58	18 48	6 28		
22	V		81	5 44	11 51	17 59	19 49	6 51		
23	H	13	82	5 42	11 51	18 01	20 51	7 14		
24	K		83	5 40	11 50	18 02	21 52	7 40		
25	Sz		84	5 38	11 50	18 04	22 52	8 07		
26	Cs		85	5 36	11 50	18 05	23 51	8 38		
27	P		86	5 34	11 50	18 07	—	9 15		
28	Sz		87	5 32	11 49	18 08	0 49	9 57	☾ 20 35	
29	V		88	5 30	11 49	18 09	1 42	10 46		
30	H	14	89	5 27	11 49	18 11	2 30	11 43		
31	K		90	5 26	11 48	18 12	3 14	12 47		

Hold: 8-án 13<sup>h</sup>-kor földközeli  
24-én 10<sup>h</sup>-kor földtávolban



# HÓNAP

0 <sup>n</sup> világidőkor						
Julian dátum 2444...	Csillagidő (λ = 0 <sup>n</sup> -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...664,5	10 34 50,506	22 47,3	—7 42	16 10	18 09,3	—20 10
665,5	10 38 47,063	22 51,1	7 19	16 10	19 03,4	20 21
666,5	10 42 43,620	22 54,8	6 56	16 10	19 58,9	19 27
667,5	10 46 40,175	22 58,5	6 33	16 09	20 55,1	17 27
668,5	10 50 36,728	23 02,3	6 10	16 09	21 51,6	14 22
669,5	10 54 33,279	23 06,0	5 47	16 09	22 47,8	10 22
670,5	10 58 29,827	23 09,7	5 24	16 09	23 43,6	5 40
671,5	11 02 26,374	23 13,4	5 00	16 08	0 39,1	— 0 35
672,5	11 06 22,922	23 17,1	4 37	16 08	1 34,7	+ 4 33
673,5	11 10 19,472	23 20,8	4 13	16 08	2 30,7	9 24
674,5	11 14 16,024	23 24,5	3 50	16 08	3 27,5	13 38
675,5	11 18 12,579	23 28,1	3 26	16 07	4 25,1	16 59
676,5	11 22 09,136	23 31,8	3 03	16 07	5 23,3	19 16
677,5	11 26 05,694	23 35,5	2 39	16 07	6 21,5	20 22
678,5	11 30 02,251	23 39,1	2 15	16 06	7 18,9	20 16
679,5	11 33 58,807	23 42,8	1 52	16 06	8 14,6	19 03
680,5	11 37 55,361	23 46,5	1 28	16 06	9 08,3	16 51
681,5	11 41 51,913	23 50,1	1 04	16 06	9 59,8	13 52
682,5	11 45 48,462	23 53,8	0 41	16 05	10 49,0	10 17
683,5	11 49 45,010	23 57,4	—0 17	16 05	11 36,4	6 18
684,5	11 53 41,557	0 01,1	+0 07	16 05	12 22,4	+ 2 06
685,5	11 57 38,104	0 04,7	0 31	16 05	13 07,6	— 2 07
686,5	12 01 34,652	0 08,3	0 54	16 04	13 52,6	6 14
687,5	12 05 31,201	0 12,0	1 18	16 04	14 38,0	10 04
688,5	12 09 27,751	0 15,6	1 41	16 04	15 24,2	13 31
689,5	12 13 24,304	0 19,3	2 05	16 04	16 11,7	16 25
690,5	12 17 20,859	0 22,9	2 29	16 03	17 00,8	18 39
691,5	12 21 17,414	0 26,5	2 52	16 03	17 51,6	20 05
692,5	12 25 13,971	0 30,2	3 15	16 03	18 44,1	20 36
693,5	12 29 10,527	0 33,8	3 39	16 02	19 37,8	20 06
694,5	12 33 07,083	0 37,4	+4 02	16 02	20 32,6	—18 33

Föld: 20-án 18<sup>n</sup> 03<sup>m</sup>-kor tavasz kezdete (KözEI)

# I. ÁPRILIS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						fényváltozásai
				NAP			HOLD			
				Budapesten			Budapesten			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(14)	91	5 24	11 48	18 14	3 53	13 58		
2	Cs		92	5 22	11 48	18 15	4 27	15 12		
3	P		93	5 19	11 47	18 16	4 59	16 29		
4	Sz		94	5 17	11 47	18 18	5 29	17 49	●	21 20
5	V		95	5 15	11 47	18 19	5 59	19 10		
6	H	15	96	5 13	11 47	18 21	6 31	20 29		
7	K		97	5 11	11 46	18 22	7 05	21 48		
8	Sz		98	5 09	11 46	18 23	7 45	23 02		
9	Cs		99	5 08	11 46	18 25	8 31			
10	P		100	5 06	11 45	18 26	9 22	0 10		
11	Sz	16	101	5 04	11 45	18 28	10 19	1 08	☾	12 11
12	V		102	5 02	11 45	18 29	11 21	1 58		
13	H		103	5 00	11 45	18 31	12 24	2 39		
14	K		104	4 58	11 44	18 32	13 29	3 13		
15	Sz		105	4 56	11 44	18 33	14 33	3 43		
16	Cs	17	106	4 54	11 44	18 35	15 36	4 09		
17	P		107	4 52	11 44	18 36	16 39	4 32		
18	Sz		108	4 51	11 43	18 38	17 41	4 55		
19	V		109	4 49	11 43	18 39	18 43	5 19	○	09 00
20	H		110	4 47	11 43	18 40	19 44	5 43		
21	K	18	111	4 45	11 43	18 42	20 45	6 09		
22	Sz		112	4 43	11 43	18 43	21 45	6 39		
23	Cs		113	4 41	11 42	18 45	22 43	7 13		
24	P		114	4 39	11 42	18 46	23 37	7 52		
25	Sz		115	4 38	11 42	18 47		8 39		
26	V	18	116	4 36	11 42	18 49	0 26	9 32		
27	H		117	4 34	11 42	18 50	1 11	10 32	☾	11 15
28	K		118	4 33	11 42	18 51	1 50	11 38		
29	Sz		119	4 31	11 41	18 53	2 25	12 48		
30	Cs		120	4 29	11 41	18 54	2 57	14 02		

Hold: 5-én 20<sup>h</sup>-kor földközélen  
20-án 17<sup>h</sup>-kor földtávolban

# HÓNAP

0 <sup>n</sup> világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő (λ = 0 <sup>n</sup> -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...695,5	12 37 03,636	0 41,1	+ 4 25	16 02	21 27,8	—15 55
696,5	12 41 00,188	0 44,7	4 48	16 02	22 23,3	12 19
697,5	12 44 56,737	0 48,4	5 11	16 01	23 18,8	7 52
698,5	12 48 53,284	0 52,0	5 34	16 01	0 14,6	— 2 51
699,5	12 52 49,832	0 55,7	5 57	16 01	1 10,9	+ 2 26
700,5	12 56 46,380	0 59,4	6 20	16 00	2 08,1	7 37
701,5	13 00 42,932	1 03,0	6 43	16 00	3 06,4	12 19
702,5	13 04 39,487	1 06,7	7 05	16 00	4 05,9	16 11
703,5	13 08 36,044	1 10,3	7 28	16 00	5 06,0	18 56
704,5	13 12 32,603	1 14,0	7 50	15 59	6 06,0	20 25
705,5	13 16 29,162	1 17,7	8 12	15 59	7 05,0	20 38
706,5	13 20 25,719	1 21,4	8 34	15 59	8 02,0	19 39
707,5	13 24 22,275	1 25,0	8 56	15 59	8 56,5	17 37
708,5	13 28 18,828	1 28,7	9 18	15 58	9 48,3	14 46
709,5	13 32 15,379	1 32,4	9 39	15 58	10 37,6	11 18
710,5	13 36 11,928	1 36,1	10 01	15 58	11 24,9	7 23
711,5	13 40 08,476	1 39,8	10 22	15 57	12 10,8	+ 3 14
712,5	13 44 05,024	1 43,5	10 43	15 57	12 55,8	— 1 01
713,5	13 48 01,572	1 47,2	11 04	15 57	13 40,6	5 12
714,5	13 51 58,122	1 51,0	11 25	15 57	14 25,7	9 10
715,5	13 55 54,674	1 54,7	11 45	15 56	15 11,6	12 46
716,5	13 59 51,228	1 58,4	12 05	15 56	15 58,8	15 52
717,5	14 03 47,783	2 02,2	12 26	15 56	16 47,4	18 20
718,5	14 07 44,340	2 05,9	12 46	15 56	17 37,5	20 00
719,5	14 11 40,898	2 09,7	13 05	15 55	18 29,1	20 48
720,5	14 15 37,456	2 13,5	13 25	15 55	19 21,7	20 37
721,5	14 19 34,013	2 17,2	13 44	15 55	20 15,0	19 25
722,5	14 23 30,569	2 21,0	14 03	15 55	21 08,7	17 12
723,5	14 27 27,123	2 24,8	14 22	15 54	22 02,5	14 00
724,5	14 31 23,675	2 28,6	+14 41	15 54	22 56,4	— 9 57

# I. MÁJUS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						
				NAP			HOLD			
				Budapesten			Budapesten		fényváltozásai	
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	P	(18)	121	4 28	11 41	18 56	3 27	15 19		
2	Sz		122	4 26	11 41	18 57	3 55	16 38		
3	V		123	4 25	11 41	18 58	4 26	17 59		
4	H		124	4 23	11 41	19 00	4 59	19 21	●	05 20
5	K		125	4 21	11 41	19 01	5 36	20 39		
6	Sz		126	4 20	11 41	19 02	6 19	21 53		
7	Cs		127	4 18	11 41	19 04	7 09	22 59		
8	P		128	4 17	11 41	19 05	8 06	23 54		
9	Sz		129	4 15	11 41	19 07	9 08			
10	V		130	4 14	11 40	19 08	10 14	0 39	)	23 23
11	H	20	131	4 13	11 40	19 09	11 20	1 17		
12	K		132	4 11	11 40	19 11	12 25	1 48		
13	Sz		133	4 10	11 40	19 12	13 29	2 15		
14	Cs		134	4 09	11 40	19 13	14 32	2 39		
15	P		135	4 07	11 40	19 14	15 33	3 02		
16	Sz		136	4 06	11 40	19 15	16 35	3 24		
17	V		137	4 05	11 40	19 17	17 37	3 48		
18	H	21	138	4 04	11 41	19 18	18 38	4 12		
19	K		139	4 03	11 41	19 19	19 39	4 41	○	01 04
20	Sz		140	4 01	11 41	19 20	20 38	5 14		
21	Cs		141	4 00	11 41	19 22	21 34	5 51		
22	P		142	3 59	11 41	19 23	22 25	6 35		
23	Sz		143	3 58	11 41	19 24	23 11	7 25		
24	V		144	3 57	11 41	19 25	23 51	8 24		
25	H	22	145	3 56	11 41	19 26		9 26		
26	K		146	3 56	11 41	19 27	0 26	10 33	(	22 01
27	Sz		147	3 55	11 41	19 28	0 58	11 44		
28	Cs		148	3 54	11 41	19 29	1 28	12 57		
29	P		149	3 53	11 41	19 30	1 55	14 12		
30	Sz		150	3 52	11 42	19 31	2 24	15 30		
31	V		151	3 52	11 42	19 32	2 53	16 50		

Hold: 4-én 06<sup>h</sup>-kor földközélen  
17-én 19<sup>h</sup>-kor földtávolban

# HÓNAP

0 <sup>h</sup> világidőkor						
Julian dátum 2444...	Csillagidő ( $\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	"	h m	° '
...725,5	14 35 20,225	2 32,4	+14 59	15 54	23 50,6	— 5 12
726,5	14 39 16,774	2 36,3	15 17	15 54	0 45,6	— 0 01
727,5	14 43 13,324	2 40,1	15 35	15 53	1 42,0	+ 5 17
728,5	14 47 09,876	2 43,9	15 52	15 53	2 40,0	10 20
729,5	14 51 06,431	2 47,8	16 10	15 53	3 39,9	14 44
730,5	14 55 02,990	2 51,7	16 27	15 53	4 41,5	18 07
731,5	14 58 59,552	2 55,5	16 44	15 52	5 43,7	20 14
732,5	15 02 56,113	2 59,4	17 00	15 52	6 45,3	20 56
733,5	15 06 52,674	3 03,3	17 16	15 52	7 45,0	20 19
734,5	15 10 49,233	3 07,2	17 32	15 52	8 41,9	18 32
735,5	15 14 45,789	3 11,1	17 48	15 52	9 35,5	15 49
736,5	15 18 42,342	3 15,0	18 03	15 51	10 26,1	12 25
737,5	15 22 38,894	3 18,9	18 18	15 51	11 14,0	8 33
738,5	15 26 35,445	3 22,9	18 33	15 51	12 00,1	4 24
739,5	15 30 31,995	3 26,8	18 48	15 51	12 45,1	+ 0 08
740,5	15 34 28,546	3 30,8	19 02	15 51	13 29,6	— 4 06
741,5	15 38 25,097	3 34,7	19 15	15 50	14 14,4	8 10
742,5	15 42 21,651	3 38,7	19 29	15 50	15 00,0	11 55
743,5	15 46 18,206	3 42,7	19 42	15 50	15 46,8	15 12
744,5	15 50 14,764	3 46,7	19 55	15 50	16 35,2	17 53
745,5	15 54 11,322	3 50,7	20 07	15 50	17 25,1	19 49
746,5	15 58 07,882	3 54,7	20 19	15 49	18 16,5	20 53
747,5	16 02 04,443	3 58,7	20 31	15 49	19 08,9	20 58
748,5	16 06 01,002	4 02,7	20 42	15 49	20 01,8	20 03
749,5	16 09 57,561	4 06,7	20 54	15 49	20 54,7	18 07
750,5	16 13 54,117	4 10,8	21 04	15 49	21 47,4	15 14
751,5	16 17 50,672	4 14,8	21 15	15 49	22 39,8	11 31
752,5	16 21 47,224	4 18,9	21 24	15 48	23 32,2	7 06
753,5	16 25 43,776	4 23,0	21 34	15 48	0 25,1	— 2 11
754,5	16 29 40,327	4 27,0	21 43	15 48	1 19,1	+ 3 00
755,5	16 33 36,880	4 31,1	+21 52	15 48	2 14,9	+ 8 08



# I. JÚNIUS

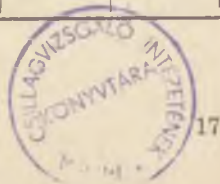
Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						fényváltozásai
				NAP			HOLD			
				Budapestben			Budapestben			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	H	23	152	3 51	11 42	19 33	3 28	18 10	● 12 33	
2	K		153	3 50	11 42	19 34	4 07	19 28		
3	Sz		154	3 50	11 42	19 35	4 54	20 39		
4	Cs		155	3 49	11 42	19 36	5 49	21 42		
5	P		156	3 49	11 43	19 37	6 50	22 34		
6	Sz	24	157	3 48	11 43	19 37	7 56	23 16	) 12 34	
7	V		158	3 48	11 43	19 38	9 04	23 49		
8	H		159	3 48	11 43	19 39	10 12			
9	K		160	3 47	11 43	19 40	11 18	0 19		
10	Sz		161	3 47	11 43	19 40	12 22	0 44		
11	Cs	25	162	3 47	11 44	19 41	13 25	1 07	○ 16 05	
12	P		163	3 46	11 44	19 41	14 27	1 30		
13	Sz		164	3 46	11 44	19 42	15 27	1 53		
14	V		165	3 46	11 44	19 43	16 30	2 17		
15	H		166	3 46	11 45	19 43	17 31	2 44		
16	K	26	167	3 46	11 45	19 43	18 31	3 15	( 05 26	
17	Sz		168	3 46	11 45	19 44	19 28	3 51		
18	Cs		169	3 46	11 45	19 44	20 22	4 32		
19	P		170	3 46	11 45	19 44	21 10	5 20		
20	Sz		171	3 46	11 46	19 45	21 53	6 16		
21	V	27	172	3 47	11 46	19 45	22 30	7 19		
22	H		173	3 47	11 46	19 45	23 03	8 25		
23	K		174	3 47	11 46	19 45	23 32	9 33		
24	Sz		175	3 47	11 46	19 45	23 59	10 45		
25	Cs		176	3 48	11 47	19 45		11 57		
26	P	27	177	3 48	11 47	19 45	0 26	13 11		
27	Sz		178	3 48	11 47	19 45	0 53	14 27		
28	V		179	3 49	11 47	19 45	1 25	15 45		
29	H		180	3 49	11 48	19 45	2 01	17 02		
30	K		181	3 50	11 48	19 45	2 42	18 16		

Hold: 1-én 15<sup>h</sup>-kor földközélen  
14-én 04<sup>h</sup>-kor földtávolban  
29-én 20<sup>h</sup>-kor földközélen

# HÓNAP

0 <sup>n</sup> világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ( $\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	"	h m	° '
...756,5	16 37 33,436	4 35,2	+22 01	15 48	3 13,1	+12 51
757,5	16 41 29,996	4 39,3	22 09	15 48	4 13,6	16 46
758,5	16 45 26,558	4 43,4	22 16	15 48	5 16,1	19 33
759,5	16 49 23,122	4 47,5	22 24	15 47	6 19,3	20 56
760,5	16 53 19,686	4 51,6	22 31	15 47	7 21,6	20 53
761,5	16 57 16,248	4 55,8	22 37	15 47	8 21,4	19 31
762,5	17 01 12,807	4 59,9	22 43	15 47	9 17,9	17 03
763,5	17 05 09,363	5 04,0	22 49	15 47	10 10,9	13 46
764,5	17 09 05,918	5 08,1	22 54	15 47	11 00,6	9 55
765,5	17 13 02,470	5 12,3	22 59	15 47	11 47,9	5 46
766,5	17 16 59,022	5 16,4	23 04	15 47	12 33,5	+ 1 27
767,5	17 20 55,574	5 20,6	23 08	15 47	13 18,2	— 2 51
768,5	17 24 52,127	5 24,7	23 12	15 46	14 02,8	7 00
769,5	17 28 48,681	5 28,9	23 15	15 46	14 48,0	10 52
770,5	17 32 45,237	5 33,0	23 18	15 46	15 34,4	14 20
771,5	17 36 41,796	5 37,2	23 20	15 46	16 22,4	17 14
772,5	17 40 38,355	5 41,3	23 22	15 46	17 12,2	19 25
773,5	17 44 34,916	5 45,5	23 24	15 46	18 03,6	20 45
774,5	17 48 31,478	5 49,6	23 25	15 46	18 56,2	21 07
775,5	17 52 28,039	5 53,8	23 26	15 46	19 49,4	20 28
776,5	17 56 24,599	5 58,0	23 26	15 46	20 42,7	18 47
777,5	18 00 21,157	6 02,1	23 26	15 46	21 35,5	16 08
778,5	18 04 17,713	6 06,3	23 26	15 46	22 27,6	12 38
779,5	18 08 14,266	6 10,4	23 25	15 46	23 19,2	8 26
780,5	18 12 10,819	6 14,6	23 24	15 46	0 10,7	— 3 44
781,5	18 16 07,371	6 18,7	23 22	15 46	1 02,7	+ 1 16
782,5	18 20 03,924	6 22,9	23 20	15 45	1 56,1	6 19
783,5	18 24 00,479	6 27,1	23 18	15 45	2 51,5	11 05
784,5	18 27 57,037	6 31,2	23 15	15 45	3 49,5	15 16
785,5	18 31 53,599	6 35,3	+23 11	15 45	4 49,9	+18 31

Föld: 21-én 12<sup>h</sup>45<sup>m</sup>-kor nyár kezdete (KözEI)



# I. JÚLIUS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEi)						fényváltozásai
				NAP			HOLD			
				Budapesten			Budapesten			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(27)	182	3 50	11 48	19 45	3 32	19 23	● 20 04	
2	Cs		183	3 51	11 48	19 45	4 30	20 22		
3	P		184	3 52	11 48	19 44	5 35	21 09		
4	Sz		185	3 52	11 48	19 44	6 44	21 48		
5	V		186	3 53	11 49	19 44	7 53	22 20		
6	H	28	187	3 54	11 49	19 43	9 02	22 47	☾ 03 40	
7	K		188	3 55	11 49	19 43	10 09	23 11		
8	Sz		189	3 56	11 49	19 42	11 13	23 35		
9	Cs		190	3 56	11 49	19 42	12 16	23 57		
10	P		191	3 57	11 49	19 41	13 17	—		
11	Sz	29	192	3 58	11 50	19 40	14 19	0 22	○ 05 40	
12	V		193	3 59	11 50	19 40	15 20	0 46		
13	H		194	4 00	11 50	19 39	16 21	1 16		
14	K		195	4 01	11 50	19 38	17 20	1 49		
15	Sz		196	4 02	11 50	19 38	18 16	2 29		
16	Cs	30	197	4 03	11 50	19 37	19 07	3 15	☾ 10 41	
17	P		198	4 04	11 50	19 36	19 52	4 09		
18	Sz		199	4 05	11 50	19 35	20 31	5 10		
19	V		200	4 06	11 50	19 34	21 05	6 15		
20	H		201	4 07	11 50	19 33	21 36	7 24		
21	K	31	202	4 08	11 50	19 32	22 03	8 36	● 04 53	
22	Sz		203	4 09	11 51	19 31	22 30	9 48		
23	Cs		204	4 11	11 51	19 30	22 57	11 00		
24	P		205	4 12	11 51	19 29	23 26	12 15		
25	Sz		206	4 13	11 51	19 28	23 59	13 30		
26	V	31	207	4 14	11 51	19 26	—	14 45		
27	H		208	4 15	11 51	19 25	0 37	15 58		
28	K		209	4 17	11 51	19 24	1 22	17 07		
29	Sz		210	4 18	11 51	19 23	2 15	18 08		
30	Cs		211	4 19	11 51	19 21	3 16	19 00		
31	P		212	4 20	11 50	19 20	4 23	19 42		

Hold: 11-én 19<sup>h</sup>-kor földtávolban  
27-én 10<sup>h</sup>-kor földközélnél



# HÓNAP

0 <sup>b</sup> világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ( $\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...786,5	18 35 50,162	6 39,5	+23 08	15 45	5 52,2	+20 32
787,5	18 39 46,727	6 43,6	23 04	15 45	6 55,0	21 08
788,5	18 43 43,290	6 47,8	22 59	15 45	7 56,6	20 19
789,5	18 47 39,850	6 51,9	22 54	15 45	8 55,5	18 15
790,5	18 51 36,408	6 56,0	22 49	15 45	9 51,1	15 13
791,5	18 55 32,963	7 00,1	22 43	15 45	10 43,2	11 29
792,5	18 59 29,516	7 04,2	22 37	15 45	11 32,3	7 19
793,5	19 03 26,067	7 08,3	22 31	15 45	12 19,3	+ 2 58
794,5	19 07 22,619	7 12,4	22 24	15 45	13 04,7	— 1 25
795,5	19 11 19,171	7 16,5	22 17	15 45	13 49,6	5 40
796,5	19 15 15,725	7 20,6	22 09	15 45	14 34,8	9 40
797,5	19 19 12,280	7 24,7	22 01	15 46	15 20,7	13 17
798,5	19 23 08,837	7 28,7	21 52	15 46	16 08,2	16 23
799,5	19 27 05,396	7 32,8	21 44	15 46	16 57,4	18 48
800,5	19 31 01,956	7 36,9	21 35	15 46	17 48,4	20 26
801,5	19 34 58,517	7 40,9	21 25	15 46	18 41,1	21 07
802,5	19 38 55,077	7 44,9	21 15	15 46	19 34,7	20 46
803,5	19 42 51,637	7 49,0	21 05	15 46	20 28,7	19 21
804,5	19 46 48,194	7 53,0	20 54	15 46	21 22,4	16 55
805,5	19 50 44,750	7 57,0	20 43	15 46	22 15,4	13 35
806,5	19 54 41,303	8 01,0	20 32	15 46	23 07,6	9 30
807,5	19 58 37,854	8 05,0	20 20	15 46	23 59,2	— 4 53
808,5	20 02 34,405	8 08,9	20 08	15 46	0 50,7	+ 0 03
809,5	20 06 30,956	8 12,9	19 56	15 46	1 42,9	5 02
810,5	20 10 27,509	8 16,9	19 43	15 46	2 36,6	9 48
811,5	20 14 24,065	8 20,8	19 30	15 46	3 32,2	14 05
812,5	20 18 20,624	8 24,8	19 17	15 46	4 30,2	17 33
813,5	20 22 17,185	8 28,7	19 03	15 47	5 30,2	19 57
814,5	20 26 13,747	8 32,6	18 50	15 47	6 31,5	21 03
815,5	20 30 10,309	8 36,5	18 35	15 47	7 32,7	20 47
816,5	20 34 06,869	8 40,4	+18 21	15 47	8 32,3	+19 13

Föld: 4-én 00<sup>h</sup>18<sup>m</sup>-kor naptávolban (KözEI)

# I. AUGUSZTUS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						fényváltozásai
				NAP			HOLD			
				Budapestben			Budapestben			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(31)	213	4 21	11 50	19 19	5 33	20 17		
2	V		214	4 23	11 50	19 17	6 43	20 47		
3	H	32	215	4 24	11 50	19 16	7 51	21 13		
4	K		216	4 25	11 50	19 14	8 57	21 37		
5	Sz		217	4 26	11 50	19 13	10 02	22 00		
6	Cs		218	4 28	11 50	19 11	11 04	22 23		
7	P		219	4 29	11 50	19 10	12 06	22 48	☾ 20 27	
8	Sz		220	4 30	11 50	19 08	13 08	23 16		
9	V		221	4 32	11 50	19 07	14 09	23 47		
10	H	33	222	4 33	11 49	19 05	15 09	—		
11	K		223	4 34	11 49	19 03	16 06	0 23		
12	Sz		224	4 36	11 49	19 02	16 58	1 08		
13	Cs		225	4 37	11 49	19 00	17 46	1 58		
14	P		226	4 38	11 49	18 58	18 29	2 57		
15	Sz		227	4 40	11 49	18 57	19 05	4 01	☉ 17 37	
16	V		228	4 41	11 48	18 55	19 37	5 11		
17	H	34	229	4 42	11 48	18 53	20 06	6 22		
18	K		230	4 44	11 48	18 51	20 34	7 36		
19	Sz		231	4 45	11 48	18 50	21 01	8 50		
20	Cs		232	4 46	11 47	18 48	21 30	10 05		
21	P		233	4 48	11 47	18 46	22 01	11 20		
22	Sz		234	4 49	11 47	18 44	22 37	12 36	☾ 15 16	
23	V		235	4 50	11 47	18 42	23 18	13 48		
24	H	35	236	4 52	11 46	18 40	—	14 57		
25	K		237	4 53	11 46	18 39	0 07	15 59		
26	Sz		238	4 54	11 46	18 37	1 04	16 52		
27	Cs		239	4 56	11 46	18 35	2 07	17 37		
28	P		240	4 57	11 45	18 33	3 15	18 15		
29	Sz		241	4 58	11 45	18 31	4 24	18 46	● 15 44	
30	V		242	5 00	11 45	18 29	5 33	19 14		
31	H	36	243	5 01	11 44	18 27	6 40	19 38		

Hold: 8-án 13<sup>h</sup>-kor földtávolban  
21-én 22<sup>h</sup>-kor földközelen

# HÓNAP

0 <sup>h</sup> világidőkor						
Julán dátum 2444...	Csillagidő (λ = 0 <sup>h</sup> -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...817,5	20 38 03,426	8 44,3	+18 06	15 47	9 29,3	+16 32
818,5	20 41 59,980	8 48,2	17 51	15 47	10 23,1	13 01
819,5	20 45 56,532	8 52,1	17 35	15 47	11 14,0	8 56
820,5	20 49 53,082	8 55,9	17 20	15 47	12 02,4	4 34
821,5	20 53 49,632	8 59,8	17 04	15 48	12 49,0	+ 0 06
822,5	20 57 46,182	9 03,6	16 47	15 48	13 34,6	— 4 16
823,5	21 01 42,733	9 07,5	16 31	15 48	14 19,9	8 24
824,5	21 05 39,286	9 11,3	16 14	15 48	15 05,7	12 10
825,5	21 09 35,840	9 15,1	15 57	15 48	15 52,6	15 27
826,5	21 13 32,397	9 18,9	15 39	15 48	16 41,0	18 06
827,5	21 17 28,954	9 22,7	15 22	15 48	17 31,3	20 00
828,5	21 21 25,513	9 26,5	15 04	15 49	18 23,3	21 00
829,5	21 25 22,071	9 30,3	14 46	15 49	19 16,7	21 00
830,5	21 29 18,629	9 34,0	14 28	15 49	20 11,0	19 56
831,5	21 33 15,185	9 37,8	14 09	15 49	21 05,4	17 47
832,5	21 37 11,739	9 41,5	13 50	15 49	21 59,5	14 40
833,5	21 41 08,291	9 45,2	13 31	15 49	22 52,9	10 42
834,5	21 45 04,841	9 49,0	13 12	15 50	23 45,6	6 06
835,5	21 49 01,389	9 52,7	12 53	15 50	0 38,1	— 1 08
836,5	21 52 57,938	9 56,4	12 33	15 50	1 30,7	+ 3 57
837,5	21 56 54,489	10 00,1	12 13	15 50	2 24,3	8 50
838,5	22 00 51,041	10 03,8	11 53	15 50	3 19,3	13 14
839,5	22 04 47,597	10 07,5	11 33	15 51	4 16,1	16 53
840,5	22 08 44,155	10 11,2	11 13	15 51	5 14,6	19 31
841,5	22 12 40,715	10 14,8	10 52	15 51	6 14,3	20 56
842,5	22 16 37,275	10 18,5	10 31	15 51	7 14,1	21 03
843,5	22 20 33,833	10 22,2	10 11	15 51	8 13,0	19 53
844,5	22 24 30,388	10 25,8	9 50	15 52	9 09,9	17 35
845,5	22 28 26,941	10 29,5	9 28	15 52	10 04,2	14 20
846,5	22 32 23,492	10 33,1	9 07	15 52	10 55,8	10 26
847,5	22 36 20,040	10 36,8	+8 45	15 52	11 45,0	+ 6 07

# I. SZEPTEMBER

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					
				NAP			HOLD		
				Budapesten			Budapesten		fényváltozásai
				kel	dejel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(36)	244	5 02	11 44	18 25	7 47	20 02	
2	Sz		245	5 04	11 44	18 23	8 50	20 25	
3	Cs		246	5 05	11 43	18 21	9 54	20 50	
4	P		247	5 06	11 43	18 19	10 56	21 16	
5	Sz		248	5 08	11 43	18 17	11 57	21 45	
6	V		249	5 09	11 42	18 15	12 57	22 19	☾ 14 26
7	H	37	250	5 10	11 42	18 13	13 54	23 00	
8	K		251	5 12	11 42	18 11	14 49	23 46	
9	Sz		252	5 13	11 41	18 09	15 38		
10	Cs		253	5 14	11 41	18 07	16 23	0 41	
11	P		254	5 16	11 41	18 05	17 02	1 43	
12	Sz		255	5 17	11 41	18 03	17 35	2 50	
13	V		256	5 18	11 40	18 01	18 07	4 02	
14	H	38	257	5 20	11 40	17 59	18 34	5 17	☉ 4 10
15	K		258	5 21	11 39	17 57	19 03	6 33	
16	Sz		259	5 22	11 39	17 55	19 31	7 50	
17	Cs		260	5 24	11 39	17 53	20 02	9 08	
18	P		261	5 25	11 38	17 51	20 37	10 24	
19	Sz		262	5 26	11 38	17 49	21 16	11 40	
20	V		263	5 28	11 38	17 46	22 04	12 51	☾ 20 48
21	H	39	264	5 29	11 37	17 44	22 57	13 55	
22	K		265	5 30	11 37	17 42	23 58	14 51	
23	Sz		266	5 32	11 37	17 40		15 37	
24	Cs		267	5 33	11 36	17 38	1 04	16 15	
25	P		268	5 34	11 36	17 36	2 11	16 49	
26	Sz		269	5 36	11 35	17 34	3 19	17 17	
27	V		270	5 37	11 35	17 32	4 27	17 41	
28	H	40	271	5 38	11 35	17 30	5 33	18 05	☉ 5 08
29	K		272	5 40	11 34	17 28	6 38	18 27	
30	Sz		273	5 41	11 34	17 26	7 42	18 51	

Hold: 5-én 08<sup>h</sup>-kor földtávolban  
17-én 05<sup>h</sup>-kor földközelen

# HÓNAP

0 <sup>a</sup> világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő (λ = 0 <sup>a</sup> -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...848,5	22 40 16,588	10 40,4	+ 8 24	15 52	12 32,4	+ 1 38
849,5	22 44 13,135	10 44,0	8 02	15 53	13 18,6	— 2 51
850,5	22 48 09,684	10 47,6	7 40	15 53	14 04,3	7 07
851,5	22 52 06,234	10 51,3	7 18	15 53	14 50,1	11 04
852,5	22 56 02,786	10 54,9	6 56	15 53	15 36,7	14 32
853,5	22 59 59,340	10 58,5	6 34	15 54	16 24,5	17 25
854,5	23 03 55,895	11 02,1	6 11	15 54	17 13,8	19 34
855,5	23 07 52,451	11 05,7	5 49	15 54	18 04,7	20 52
856,5	23 11 49,008	11 09,3	5 26	15 54	18 57,1	21 14
857,5	23 15 45,564	11 12,9	5 03	15 55	19 50,7	20 33
858,5	23 19 42,120	11 16,5	4 41	15 55	20 44,8	18 47
859,5	23 23 38,673	11 20,1	4 18	15 55	21 39,1	15 59
860,5	23 27 35,224	11 23,7	3 55	15 55	22 33,2	12 15
861,5	23 31 31,772	11 27,2	3 32	15 56	23 26,9	7 45
862,5	23 35 28,320	11 30,8	3 09	15 56	0 20,6	— 2 44
863,5	23 39 24,867	11 34,4	2 46	15 56	1 14,5	+ 2 30
864,5	23 43 21,415	11 38,0	2 23	15 56	2 09,1	7 38
865,5	23 47 17,966	11 41,6	2 00	15 57	3 05,0	12 20
866,5	23 51 14,520	11 45,2	1 36	15 57	4 02,4	16 16
867,5	23 55 11,077	11 48,8	1 13	15 57	5 01,2	19 11
868,5	23 59 07,635	11 52,4	0 50	15 57	6 00,8	20 54
869,5	0 03 04,194	11 55,9	0 26	15 58	7 00,4	21 18
870,5	0 07 00,751	11 59,5	+ 0 03	15 58	7 58,8	20 25
871,5	0 10 57,306	12 03,1	— 0 20	15 58	8 55,3	18 23
872,5	0 14 53,859	12 06,7	0 44	15 58	9 49,2	15 24
873,5	0 18 50,409	12 10,3	1 07	15 59	10 40,7	11 41
874,5	0 22 46,957	12 13,9	1 31	15 59	11 29,9	7 29
875,5	0 26 43,504	12 17,5	1 54	15 59	12 17,4	+ 3 01
876,5	0 30 40,051	12 21,1	2 17	16 00	13 03,7	— 1 30
877,5	0 34 36,599	12 24,8	— 2 41	16 00	13 49,4	— 5 54

Föld: 23-án 4<sup>h</sup>06<sup>m</sup>-kor ősz kezdete (KözEI)



# I. OKTÓBER

Datum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KöZEI)						
				NAP			HOLD			
				Budapesten			Budapesten		fényváltozásai	
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(40)	274	5 43	11 34	17 24	8 44	19 16		
2	P		275	5 44	11 33	17 22	9 46	19 44		
3	Sz		276	5 45	11 33	17 20	10 47	20 16		
4	V		277	5 47	11 33	17 18	11 45	20 53		
5	H		278	5 48	11 33	17 16	12 41	21 37		
6	K	41	279	5 50	11 32	17 14	13 32	22 28	☾ 8 46	
7	Sz		280	5 51	11 32	17 12	14 17	23 25		
8	Cs		281	5 52	11 32	17 10	14 57			
9	P		282	5 54	11 31	17 08	15 32	0 30		
10	Sz		283	5 55	11 31	17 06	16 05	1 39		
11	V	42	284	5 57	11 31	17 04	16 33	2 51		
12	H		285	5 58	11 31	17 02	17 01	4 07		
13	K		286	5 59	11 30	17 01	17 29	5 24	☉ 13 50	
14	Sz		287	6 01	11 30	16 59	18 00	6 44		
15	Cs		288	6 02	11 30	16 57	18 33	8 04		
16	P	43	289	6 04	11 30	16 55	19 12	9 24		
17	Sz		290	6 05	11 30	16 53	19 57	10 40		
18	V		291	6 07	11 29	16 51	20 50	11 49		
19	H		292	6 08	11 29	16 49	21 50	12 49		
20	K		293	6 10	11 29	16 48	22 56	13 38	☾ 4 41	
21	Sz	294	6 11	11 29	16 46	—	14 19			
22	Cs	295	6 13	11 29	16 44	0 03	14 53			
23	P	44	296	6 14	11 29	16 42	1 11	15 21		
24	Sz		297	6 16	11 28	16 40	2 17	15 47		
25	V		298	6 17	11 28	16 39	3 23	16 09		
26	H		299	6 19	11 28	16 37	4 28	16 32	● 21 14	
27	K		300	6 20	11 28	16 35	5 31	16 55		
28	Sz	301	6 22	11 28	16 34	6 35	17 19			
29	Cs	302	6 23	11 28	16 32	7 37	17 45			
30	P	303	6 25	11 28	16 30	8 38	18 15			
31	Sz		304	6 26	11 28	16 29	9 39	18 50		

Hold: 3-án 02<sup>h</sup>-kor földtávolban  
15-én 03<sup>h</sup>-kor földközeli  
30-án 17<sup>h</sup>-kor földtávolban

# HÓNAP

0 <sup>h</sup> világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő (λ = 0 <sup>h</sup> -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	″	h m	° ′
...878,5	0 38 33,148	12 28,4	— 3 04	16 00	14 35,3	—10 00
879,5	0 42 29,699	12 32,0	3 27	16 00	15 21,6	13 40
880,5	0 46 26,252	12 35,6	3 50	16 01	16 09,0	16 46
881,5	0 50 22,806	12 39,3	4 14	16 01	16 57,6	19 11
882,5	0 54 19,362	12 42,9	4 37	16 01	17 47,7	20 46
883,5	0 58 15,919	12 46,5	5 00	16 02	18 39,0	21 27
884,5	1 02 12,475	12 50,2	5 23	16 02	19 31,3	21 08
885,5	1 06 09,031	12 53,8	5 46	16 02	20 24,3	19 47
886,5	1 10 05,585	12 57,5	6 09	16 02	21 17,6	17 24
887,5	1 14 02,137	13 01,2	6 31	16 03	22 10,9	14 02
888,5	1 17 58,687	13 04,9	6 54	16 03	23 04,4	9 49
889,5	1 21 55,235	13 08,5	7 17	16 03	23 58,0	— 4 56
890,5	1 25 51,782	13 12,2	7 39	16 03	0 52,3	+ 0 22
891,5	1 29 48,331	13 15,9	8 02	16 04	1 47,6	5 45
892,5	1 33 44,881	13 19,6	8 24	16 04	2 44,6	10 50
893,5	1 37 41,435	13 23,4	8 46	16 04	3 43,3	15 15
894,5	1 41 37,993	13 27,1	9 08	16 05	4 43,7	18 40
895,5	1 45 34,552	13 30,8	9 30	16 05	5 44,9	20 49
896,5	1 49 31,112	13 34,6	9 52	16 05	6 46,0	21 34
897,5	1 53 27,671	13 38,4	10 14	16 05	7 45,7	20 59
898,5	1 57 24,228	13 42,1	10 35	16 06	8 43,0	19 10
899,5	2 01 20,783	13 45,9	10 56	16 06	9 37,4	16 21
900,5	2 05 17,335	13 49,7	11 18	16 06	10 29,0	12 47
901,5	2 09 13,885	13 53,5	11 39	16 06	11 18,1	8 41
902,5	2 13 10,433	13 57,3	11 59	16 07	12 05,3	+ 4 16
903,5	2 17 06,982	14 01,2	12 20	16 07	12 51,2	— 0 15
904,5	2 21 03,531	14 05,0	12 41	16 07	13 36,7	4 43
905,5	2 25 00,081	14 08,9	13 01	16 07	14 22,1	8 57
906,5	2 28 56,633	14 12,7	13 21	16 08	15 08,2	12 48
907,5	2 32 53,187	14 16,6	13 41	16 08	15 55,3	16 07
908,5	2 36 49,743	14 20,5	—14 00	16 08	16 43,6	—18 46

# I. NOVEMBER

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						fényváltozása'
				NAP			HOLD			
				Budapestén			Budapestén			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	V	(44)	305	6 28	11 28	16 27	10 35	18 31		
2	H	45	306	6 29	11 28	16 26	11 28	20 18		
3	K		307	6 31	11 28	16 24	12 13	21 12		
4	Sz		308	6 32	11 28	16 23	12 55	22 12		
5	Cs		309	6 34	11 28	16 21	13 31	23 18	☾	2 10
6	P		310	6 35	11 28	16 20	14 03	—		
7	Sz		311	6 37	11 28	16 18	14 32	0 28		
8	V	46	312	6 38	11 28	16 17	14 59	1 39		
9	H		313	6 40	11 28	16 16	15 26	2 55		
10	K		314	6 41	11 28	16 14	15 55	4 13		
11	Sz		315	6 43	11 28	16 13	16 26	5 34	☉	23 27
12	Cs		316	6 44	11 28	16 12	17 04	6 55		
13	P		317	6 46	11 28	16 11	17 46	8 16		
14	Sz		318	6 47	11 29	16 10	18 38	9 32		
15	V		319	6 49	11 29	16 08	19 38	10 38		
16	H	47	320	6 50	11 29	16 07	20 43	11 34		
17	K		321	6 52	11 29	16 06	21 51	12 19		
18	Sz		322	6 53	11 29	16 05	23 01	12 57	☾	15 55
19	Cs		323	6 55	11 30	16 04	—	13 27		
20	P		324	6 56	11 30	16 03	0 09	13 53		
21	Sz		325	6 58	11 30	16 02	1 15	14 16		
22	V		326	6 59	11 30	16 01	2 20	14 38		
23	H	48	327	7 00	11 31	16 00	3 24	15 01		
24	K		328	7 02	11 31	16 00	4 26	15 24		
25	Sz		329	7 03	11 31	15 59	5 29	15 49		
26	Cs		330	7 05	11 31	15 58	6 30	16 17	☉	15 39
27	P		331	7 06	11 32	15 58	7 32	16 50		
28	Sz		332	7 07	11 32	15 57	8 30	17 29		
29	V		333	7 08	11 32	15 56	9 24	18 14		
30	H	49	334	7 10	11 33	15 56	10 13	19 05		

Hold: 12-én 12<sup>h</sup>-kor földközélen  
26-án 22<sup>h</sup>-kor földtávolban



# HÓNAP

0 <sup>n</sup> világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ( $\lambda = 0^h.nál$ )	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	"	h m	° '
...909,5	2 40 46,300	14 24,4	—14 20	16 08	17 33,1	—20 38
910,5	2 44 42,859	14 28,3	14 39	16 09	18 23,8	21 36
911,5	2 48 39,417	14 32,3	14 58	16 09	19 15,3	21 36
912,5	2 52 35,975	14 36,2	15 17	16 09	20 07,2	20 36
913,5	2 56 32,532	14 40,2	15 35	16 09	20 59,2	18 36
914,5	3 00 29,087	14 44,1	15 53	16 10	21 51,2	15 39
915,5	3 04 25,639	14 48,1	16 11	16 10	22 43,0	11 49
916,5	3 08 22,190	14 52,1	16 29	16 10	23 35,2	7 16
917,5	3 12 18,740	14 56,1	16 46	16 10	0 28,0	— 2 09
918,5	3 16 15,290	15 00,2	17 03	16 11	1 22,1	+ 3 14
919,5	3 20 11,842	15 04,2	17 20	16 11	2 18,3	8 34
920,5	3 24 08,397	15 08,3	17 37	16 11	3 17,0	13 28
921,5	3 28 04,956	15 12,3	17 53	16 11	4 18,1	17 30
922,5	3 32 01,517	15 16,4	18 09	16 12	5 21,2	20 20
923,5	3 35 58,081	15 20,5	18 24	16 12	6 24,8	21 41
924,5	3 39 54,644	15 24,6	18 40	16 12	7 27,4	21 33
925,5	3 43 51,204	15 28,7	18 54	16 12	8 27,5	20 02
926,5	3 47 47,763	15 32,9	19 09	16 12	9 24,1	17 24
927,5	3 51 44,318	15 37,0	19 23	16 13	10 17,2	13 56
928,5	3 55 40,871	15 41,2	19 37	16 13	11 07,2	9 53
929,5	3 59 37,422	15 45,4	19 51	16 13	11 54,7	5 30
930,5	4 03 33,973	15 49,6	20 04	16 13	12 40,7	+ 0 58
931,5	4 07 30,524	15 53,8	20 17	16 13	13 25,8	— 3 32
932,5	4 11 27,077	15 58,0	20 29	16 14	14 10,8	7 51
933,5	4 15 23,631	16 02,3	20 41	16 14	14 56,4	11 50
934,5	4 19 20,187	16 06,5	20 53	16 14	15 43,0	15 21
935,5	4 23 16,745	16 10,8	21 04	16 14	16 30,9	18 14
936,5	4 27 13,305	16 15,0	21 15	16 14	17 20,3	20 21
937,5	4 31 09,865	16 19,3	21 26	16 14	18 10,8	21 36
938,5	4 35 06,426	16 23,6	—21 36	16 15	19 02,2	—21 53

# I. DECEMBER

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					
				NAP			HOLD		
				Budapesten			Budapesten		fényváltozásai
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(49)	335	7 11	11 33	15 55	10 56	20 03	☾ 17 23
2	Sz		336	7 12	11 34	15 55	11 32	21 06	
3	Cs		337	7 13	11 34	15 54	12 05	22 11	
4	P		338	7 14	11 34	15 54	12 34	23 21	
5	Sz		339	7 16	11 35	15 54	13 01		
6	V	50	340	7 17	11 35	15 54	13 27	0 32	
7	H		341	7 18	11 36	15 53	13 53	1 46	
8	K		342	7 19	11 36	15 53	14 21	3 02	
9	Sz		343	7 20	11 37	15 53	14 55	4 22	
10	Cs		344	7 21	11 37	15 53	15 33	5 43	
11	P	51	345	7 22	11 37	15 53	16 20	7 02	☉ 9 42
12	Sz		346	7 23	11 38	15 53	17 17	8 16	
13	V		347	7 24	11 38	15 53	18 22	9 20	
14	H		348	7 24	11 39	15 53	19 32	10 13	
15	K		349	7 25	11 39	15 53	20 44	10 54	
16	Sz		350	7 26	11 40	15 53	21 55	11 29	☾ 6 48
17	Cs		351	7 26	11 40	15 54	23 04	11 57	
18	P		352	7 27	11 41	15 54		12 22	
19	Sz		353	7 28	11 41	15 54	0 10	12 44	
20	V		354	7 28	11 42	15 55	1 14	13 07	
21	H	52	355	7 29	11 42	15 55	2 18	13 29	
22	K		356	7 30	11 43	15 56	3 20	13 53	
23	Sz		357	7 30	11 43	15 56	4 23	14 20	
24	Cs		358	7 30	11 44	15 57	5 24	14 51	
25	P		359	7 31	11 44	15 58	6 24	15 28	
26	Sz	53	360	7 31	11 45	15 58	7 19	16 10	● 11 11
27	V		361	7 31	11 45	15 59	8 10	17 01	
28	H		362	7 32	11 46	16 00	8 56	17 56	
29	K		363	7 32	11 46	16 01	9 35	18 58	
30	Sz		364	7 32	11 47	16 01	10 09	20 03	
31	Cs		365	7 32	11 47	16 02	10 38	21 10	

Hold: 11-én 1<sup>h</sup>-kor földközeli  
24-én 0<sup>h</sup>-kor földtávolban

# HÓNAP

0 <sup>h</sup> világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ( $\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...939,5	4 39 02,987	16 27,9	—21 45	16 15	19 53,9	—21 10
940,5	4 42 59,546	16 32,3	21 55	16 15	20 45,4	19 27
941,5	4 46 56,104	16 36,6	22 03	16 15	21 36,4	16 49
942,5	4 50 52,660	16 40,9	22 12	16 15	22 27,0	13 20
943,5	4 54 49,214	16 45,3	22 20	16 15	23 17,3	9 07
944,5	4 58 45,766	16 49,6	22 27	16 16	0 08,0	— 4 20
945,5	5 02 42,318	16 54,0	22 34	16 16	0 59,6	+ 0 49
946,5	5 06 38,871	16 58,4	22 41	16 16	1 53,1	6 06
947,5	5 10 35,426	17 02,7	22 47	16 16	2 49,3	11 11
948,5	5 14 31,986	17 07,1	22 53	16 16	3 48,5	15 41
949,5	5 18 28,548	17 11,5	22 58	16 16	4 50,9	19 11
950,5	5 22 25,113	17 15,9	23 03	16 16	5 55,4	21 20
951,5	5 26 21,679	17 20,3	23 08	16 16	7 00,4	21 55
952,5	5 30 18,243	17 24,8	23 12	16 17	8 03,8	20 57
953,5	5 34 14,805	17 29,2	23 15	16 17	9 04,0	18 39
954,5	5 38 11,363	17 33,6	23 18	16 17	10 00,3	15 20
955,5	5 42 07,918	17 38,0	23 21	16 17	10 52,8	11 19
956,5	5 46 04,472	17 42,5	23 23	16 17	11 42,1	6 54
957,5	5 50 01,024	17 46,9	23 24	16 17	12 29,0	+ 2 19
958,5	5 53 57,577	17 51,3	23 26	16 17	13 14,6	— 2 15
959,5	5 57 54,130	17 55,8	23 26	16 17	13 59,6	6 40
960,5	6 01 50,685	18 00,2	23 26	16 17	14 44,9	10 46
961,5	6 05 47,242	18 04,7	23 26	16 17	15 31,0	14 26
962,5	6 09 43,801	18 09,1	23 25	16 17	16 18,5	17 31
963,5	6 13 40,361	18 13,5	23 24	16 17	17 07,4	19 52
964,5	6 17 36,922	18 18,0	23 23	16 17	17 57,9	21 23
965,5	6 21 33,484	18 22,4	23 20	16 17	18 49,4	21 57
966,5	6 25 30,046	18 26,9	23 18	16 17	19 41,4	21 30
967,5	6 29 26,606	18 31,3	23 15	16 17	20 33,3	20 02
968,5	6 33 23,165	18 35,7	23 11	16 17	21 24,6	17 37
969,5	6 37 19,722	18 40,1	—23 07	16 17	22 15,1	—14 21

Föld: 21-én 23<sup>h</sup> 51<sup>m</sup>-kor tél kezdete (KözEI)

**II. A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának heliografikus koordinátái 0<sup>h</sup> világidőkor**

Dátum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	Dátum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>
	°	°	°		°	°	°
I. 5	+ 0,1	—3,5	101,8	VII. 4	— 1,4	+3,2	246,0
10	— 2,3	4,1	35,9	9	+ 0,9	3,8	179,8
15	4,7	4,6	330,1	14	3,1	4,3	113,6
20	7,0	5,1	264,3	19	5,3	4,7	47,5
25	9,2	5,5	198,4	24	7,5	5,2	341,3
30	11,4	5,9	132,6	29	9,6	5,6	275,2
II. 4	13,4	6,3	66,8	VIII. 3	11,6	5,9	209,0
9	15,3	6,6	0,9	8	13,5	6,3	142,9
14	17,1	6,8	295,1	13	15,3	6,6	76,8
19	18,7	7,0	229,3	18	17,0	6,8	10,7
24	20,2	7,1	163,4	23	18,6	7,0	304,6
				28	20,0	7,1	238,6
III. 1	21,6	7,2	97,5	IX. 2	21,3	7,2	172,5
6	22,7	7,3	31,7	7	22,5	7,3	106,5
11	23,8	7,2	325,8	12	23,5	7,2	40,5
16	24,6	7,1	259,9	17	24,4	7,2	334,5
21	25,3	7,0	194,0	22	25,1	7,1	268,5
26	25,8	6,8	128,0	27	25,7	6,9	202,5
31	26,2	6,6	62,1				
IV. 5	26,3	6,3	356,1	X. 2	26,1	6,7	136,5
10	26,3	6,0	290,1	7	26,3	6,4	70,5
15	26,1	5,6	224,1	12	26,3	6,1	4,6
20	25,7	5,2	158,1	17	26,2	5,7	298,6
25	25,1	4,7	92,1	22	25,8	5,3	232,7
30	24,4	4,3	26,0	27	25,3	4,9	166,7
V. 5	23,4	3,7	319,9	XI. 1	24,6	4,4	100,8
10	22,3	3,2	253,8	6	23,6	3,8	34,9
15	21,0	2,6	187,7	11	22,5	3,3	328,9
20	19,6	2,1	121,5	16	21,2	2,7	263,0
25	18,0	1,5	55,4	21	19,7	2,1	197,1
30	16,2	0,9	349,2	26	18,0	1,5	131,2
VI. 4	14,4	—0,3	283,1	XII. 1	16,2	0,9	65,3
9	12,4	+0,3	216,9	6	14,2	+0,2	359,4
14	10,3	0,9	150,7	11	12,0	—0,4	293,5
19	8,1	1,5	84,5	16	9,8	1,1	227,7
24	5,9	2,1	18,3	21	7,5	1,7	161,8
29	— 3,7	+2,7	312,1	26	5,1	2,3	95,9
				31	+ 2,7	—2,9	30,1

P: A Nap forgási tengelyének helyzetét a napkorong „geocentrikus” Észak – Dél irányától számítjuk, pozitívnak véve a keleti irányú elhajlást.

### III. A holdkorong sugara 0<sup>h</sup> világidőkor

Dátum	' "	Dátum	' "	Dátum	' "
I. 1	14 47	V. 1	16 19	IX. 1	15 08
4	15 05	4	16 44	4	14 49
7	15 31	7	16 24	7	14 51
10	15 54	10	15 40	10	15 16
13	16 07	13	15 03	13	15 54
16	16 09	16	14 45	16	16 18
19	15 56	19	14 43	19	16 16
22	15 27	22	14 55	22	15 56
25	14 58	25	15 21	25	15 31
28	14 46	28	15 59	28	15 07
31	15 00	31	16 34		
II. 3	15 32	VI. 3	16 35	X. 1	14 49
6	16 03	6	15 58	4	14 45
9	16 14	9	15 14	7	15 05
12	16 05	12	14 48	10	15 45
15	15 48	15	14 44	13	16 25
18	15 25	18	14 56	16	16 33
21	15 01	21	15 17	19	16 07
24	14 46	24	15 46	22	15 32
27	14 53	27	16 16	25	15 05
		30	16 29	28	14 48
III. 2	15 23			31	14 42
5	16 05	VII. 3	16 09		
8	16 28	6	15 28	XI. 3	14 54
11	16 18	9	14 56	6	15 27
14	15 49	12	14 46	9	16 14
17	15 21	15	14 57	12	16 43
20	14 59	18	15 20	15	16 28
23	14 45	21	15 44	18	15 45
26	14 47	24	16 05	21	15 08
29	15 09	27	16 16	24	14 47
		30	16 07	27	14 42
IV. 1	15 52			30	14 49
4	16 32	VIII. 2	15 37		
7	16 36	5	15 03	XII. 3	15 12
10	16 04	8	14 47	6	15 53
13	15 25	11	14 55	9	16 34
16	14 58	14	15 22	12	16 42
19	14 44	17	15 51	15	16 07
22	14 44	20	16 07	18	15 20
25	14 59	23	16 09	21	14 51
28	15 34	26	15 58	24	14 42
		29	15 36	27	14 49
				30	15 07



## IV. A szabad szemmel

## Merkur

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	18 47,7	—24 47	2,32	1,44	—0,8	7 48	11 51	15 54
6	19 23,3	24 06	2,36	1,42	0,9	8 00	12 07	16 14
11	19 58,9	22 47	2,42	1,38	0,9	8 08	12 23	16 38
16	20 34,1	20 50	2,53	1,32	0,9	8 13	12 38	17 04
21	21 08,0	18 15	2,69	1,24	0,9	8 13	12 52	17 32
26	21 39,3	15 10	2,93	1,14	0,8	8 09	13 04	17 58
31	22 05,2	11 54	3,29	1,01	—0,5	7 58	13 09	18 19
II. 5	22 21,3	9 02	3,82	0,88	+0,1	7 40	13 04	18 27
10	22 22,6	7 26	4,46	0,75	1,1	7 13	12 44	18 14
15	22 08,6	7 41	5,03	0,66	2,3	6 39	12 09	17 38
20	21 47,6	9 26	5,24	0,64	2,3	6 07	11 28	16 50
25	21 31,5	11 31	5,05	0,66	2,5	5 41	10 54	16 06
III. 2	21 26,6	13 03	4,65	0,72	1,0	5 25	10 30	15 35
7	21 32,3	13 46	4,24	0,79	0,7	5 16	10 17	15 19
12	21 46,0	13 41	3,87	0,86	0,5	5 10	10 12	15 13
17	22 05,0	12 54	3,56	0,94	0,4	5 05	10 11	15 17
22	22 27,7	11 27	3,31	1,01	0,3	5 02	10 14	15 27
27	22 53,0	9 26	3,10	1,08	+0,2	4 58	10 20	15 42
IV. 1	23 20,3	6 52	2,93	1,14	0,0	4 55	10 28	16 01
6	23 49,3	3 49	2,78	1,20	—0,2	4 51	10 37	16 24
11	0 20,2	— 0 18	2,67	1,25	0,5	4 47	10 49	16 51
16	0 53,1	+ 3 36	2,58	1,29	0,7	4 43	11 02	17 22
21	1 28,6	7 49	2,52	1,32	1,2	4 40	11 18	17 56
26	2 06,6	12 11	2,51	1,33	1,7	4 39	11 37	18 35
V. 1	2 47,6	16 25	2,55	1,31	1,7	4 40	11 59	19 17
6	3 29,8	20 08	2,67	1,25	1,4	4 43	12 21	20 06
11	4 11,1	22 56	2,87	1,16	0,8	4 48	12 42	20 37
16	4 49,1	24 43	3,15	1,06	—0,3	4 55	13 00	21 05
21	5 21,9	25 30	3,51	0,95	+0,2	5 03	13 13	21 23
26	5 48,5	25 29	3,93	0,85	0,6	5 09	13 19	21 29
31	6 07,9	24 51	4,42	0,76	1,0	5 12	13 18	21 24
VI. 5	6 19,4	23 48	4,94	0,68	1,4	5 09	13 03	21 08
10	6 22,5	22 30	5,45	0,61	1,9	4 59	12 51	20 43
15	6 17,7	21 08	5,85	0,57	2,5	4 42	12 26	20 10
20	6 07,2	19 54	6,02	0,55	3,1	4 18	11 56	19 33
25	5 55,2	19 02	5,90	0,57	2,9	3 52	11 24	18 57
30	5 46,6	+18 44	5,52	0,61	+2,1	3 25	10 56	18 27

## látható bolygók adatai

## Merkur

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delei	nyugszik
	h m	° '	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	5 44,9	+19 01	4,98	0,67	+1,6	3 03	10 36	18 08
10	5 51,9	19 48	4,40	0,76	1,0	2 47	10 24	18 01
15	6 07,9	20 50	3,86	0,86	+0,5	2 39	10 21	18 03
20	6 33,0	21 47	3,40	0,98	-0,1	2 39	10 27	18 15
25	7 06,3	22 15	3,03	1,10	0,6	2 51	10 41	18 32
30	7 46,0	21 53	2,76	1,21	1,1	3 14	11 02	18 50
VIII. 4	8 29,1	20 26	2,58	1,29	1,5	3 45	11 25	19 06
9	9 11,8	17 59	2,49	1,34	1,6	4 21	11 48	19 15
14	9 51,8	14 49	2,46	1,36	1,4	4 57	12 08	19 19
19	10 28,4	11 13	2,47	1,35	0,9	5 35	12 25	19 19
24	11 01,7	7 27	2,51	1,33	0,6	6 02	12 38	19 15
29	11 32,1	+ 3 39	2,58	1,29	0,4	6 29	12 49	19 08
IX. 3	12 00,3	- 0 04	2,67	1,25	-0,2	6 51	12 57	19 00
8	12 26,4	3 37	2,79	1,20	+0,1	7 15	13 03	18 51
13	12 50,6	6 56	2,95	1,13	0,1	7 34	13 07	18 40
18	13 12,8	9 56	3,14	1,07	0,2	7 50	13 10	18 29
23	13 32,5	12 33	3,37	0,99	0,4	8 02	13 09	18 17
28	13 48,6	14 36	3,68	0,91	0,4	8 08	13 05	18 03
X. 3	13 59,1	15 53	4,06	0,82	0,6	8 04	12 55	17 46
8	14 01,0	16 01	4,50	0,74	1,0	7 46	12 36	17 27
13	13 51,4	14 30	4,90	0,68	1,8	7 08	12 06	17 04
18	13 32,3	11 16	5,02	0,67	2,8	6 13	11 27	16 40
23	13 14,4	7 40	4,67	0,71	1,7	5 20	10 50	16 20
28	13 09,8	5 47	4,06	0,82	+0,5	4 49	10 27	16 05
XI. 2	13 20,5	6 12	3,49	0,96	-0,2	4 43	10 20	15 56
7	13 41,5	8 11	3,07	1,09	0,6	4 54	10 22	15 49
12	14 08,0	10 55	2,79	1,20	0,7	5 14	10 29	15 44
17	14 37,2	13 50	2,60	1,29	0,7	5 37	10 38	15 40
22	15 07,8	16 39	2,47	1,35	0,7	6 02	10 49	15 37
27	15 39,3	19 11	2,38	1,40	0,7	6 27	11 01	16 36
XII. 2	16 11,7	21 22	2,33	1,43	0,7	6 51	11 14	15 37
7	16 44,9	23 07	2,31	1,45	0,8	7 15	11 28	15 41
12	17 18,9	24 22	2,30	1,45	0,8	7 36	11 42	15 48
17	17 53,5	25 06	2,32	1,44	0,7	7 56	11 57	15 58
22	18 28,6	25 15	2,37	1,41	0,7	8 12	12 12	16 13
27	19 03,9	24 47	2,45	1,37	0,7	8 25	12 28	16 31
I. 1	19 38,8	-23 41	2,56	1,30	-0,7	8 33	12 43	16 53

## IV. A szabad szemmel

## Vénusz

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					Közei-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	17 04,5	—21 58	5,56	1,51	—3,4	5 47	10 07	14 26
6	17 31,3	22 37	5,49	1,53	3,4	5 58	10 14	14 33
11	17 58,5	23 00	5,42	1,55	3,3	6 08	10 21	14 35
16	18 25,7	23 05	5,36	1,57	3,3	6 16	10 29	14 42
21	18 52,9	22 53	5,30	1,59	3,3	6 22	10 36	14 51
26	19 19,9	22 23	5,25	1,60	3,3	6 27	10 44	15 01
31	19 46,7	21 36	5,20	1,62	3,3	6 29	10 51	15 12
II. 5	20 13,2	20 33	5,15	1,63	3,3	6 30	10 58	15 25
10	20 39,2	19 14	5,11	1,65	3,4	6 30	11 04	15 38
15	21 04,8	17 42	5,07	1,66	3,4	6 27	11 10	15 52
20	21 29,8	15 57	5,04	1,67	3,4	6 24	11 15	16 06
25	21 54,4	14 01	5,01	1,68	3,4	6 19	11 20	16 20
III. 2	22 18,6	11 55	4,98	1,69	3,4	6 14	11 24	16 35
7	22 42,3	9 41	4,95	1,70	3,4	6 08	11 28	16 49
12	23 05,7	7 21	4,93	1,70	3,4	6 01	11 32	17 03
17	23 28,8	4 56	4,91	1,71	3,4	5 53	11 35	17 17
22	23 51,7	— 2 28	4,90	1,72	3,4	5 46	11 38	17 31
27	0 14,4	+ 0 03	4,89	1,72	3,5	5 38	11 41	17 45
IV. 1	0 37,2	2 33	4,88	1,72	3,5	5 30	11 44	17 59
6	1 00,0	5 03	4,87	1,73	3,5	5 22	11 48	18 13
11	1 22,9	7 29	4,87	1,73	3,5	5 14	11 51	18 27
16	1 46,0	9 52	4,87	1,73	3,5	5 07	11 54	18 42
21	2 09,4	12 09	4,88	1,72	3,5	5 00	11 58	18 56
26	2 33,2	14 18	4,89	1,72	3,4	4 54	12 02	19 10
V. 1	2 57,4	16 19	4,90	1,72	3,4	4 48	12 07	19 25
6	3 22,1	18 10	4,92	1,71	3,4	4 44	12 12	19 39
11	3 47,2	19 48	4,94	1,70	3,4	4 40	12 17	19 54
16	4 12,7	21 14	4,97	1,69	3,4	4 38	12 23	20 07
21	4 38,7	22 24	5,00	1,68	3,4	4 38	12 29	20 21
26	5 05,1	23 19	5,03	1,67	3,4	4 39	12 36	20 33
31	5 31,7	23 57	5,07	1,66	3,3	4 42	12 43	20 43
VI. 5	5 58,5	24 18	5,12	1,64	3,3	4 47	12 50	20 53
10	6 25,4	24 20	5,17	1,63	3,3	4 54	12 57	21 00
15	6 52,2	24 05	5,22	1,61	3,3	5 03	13 04	21 06
20	7 18,8	23 32	5,28	1,59	3,3	5 13	13 11	21 09
25	7 45,0	22 42	5,35	1,57	3,3	5 25	13 18	21 11
30	8 10,9	+21 36	5,43	1,55	—3,3	5 37	13 24	21 10



## látható bolygók adatai

## Vénusz

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	KA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	" "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	8 36,3	+ 20 15	5,51	1,53	—3,3	5 50	13 29	21 09
10	9 01,1	18 39	5,59	1,50	3,3	6 04	13 34	21 05
15	9 25,5	16 52	5,69	1,48	3,3	6 14	13 39	21 00
20	9 49,2	14 53	5,79	1,45	3,3	6 32	13 43	20 54
25	10 12,5	12 44	5,90	1,42	3,4	6 46	13 46	20 47
30	10 35,3	10 28	6,02	1,40	3,4	6 59	13 49	20 40
VIII. 4	10 57,7	8 04	6,15	1,37	3,4	7 13	13 52	20 31
9	11 19,7	5 36	6,29	1,34	3,4	7 26	13 54	20 23
14	11 41,5	3 04	6,44	1,31	3,4	7 40	13 56	20 13
19	12 03,1	+ 0 30	6,60	1,27	3,4	7 53	13 58	20 04
24	12 24,6	— 2 05	6,77	1,24	3,4	8 06	14 00	19 54
29	12 46,0	4 39	6,96	1,21	3,5	8 19	14 02	19 45
IX. 3	13 07,5	7 11	7,16	1,17	3,5	8 32	14 04	19 35
8	13 29,1	9 40	7,38	1,14	3,5	8 45	14 06	19 26
13	13 51,0	12 05	7,61	1,11	3,5	8 58	14 08	19 17
18	14 13,0	14 23	7,86	1,07	3,6	9 11	14 10	19 09
23	14 35,4	16 33	8,13	1,03	3,6	9 25	14 13	19 01
28	14 58,1	18 34	8,43	1,00	3,7	9 38	14 16	18 54
X. 3	15 21,1	20 25	8,75	0,96	3,7	9 51	14 19	18 47
8	15 44,5	22 04	9,10	0,92	3,7	10 04	14 23	18 42
13	16 08,1	23 30	9,48	0,89	3,8	10 16	14 27	18 38
18	16 31,9	24 41	9,90	0,85	3,8	10 27	14 31	18 35
23	16 55,9	25 38	10,36	0,81	3,9	10 37	14 35	18 33
28	17 19,8	26 19	10,87	0,77	3,9	10 46	14 39	18 33
XI. 2	17 43,5	26 44	11,43	0,74	4,0	10 52	14 43	18 34
7	18 06,8	26 52	12,05	0,70	4,0	10 57	14 47	18 37
12	18 29,5	26 45	12,74	0,66	4,1	10 59	14 50	18 41
17	18 51,3	26 23	13,52	0,62	4,1	10 58	14 52	18 45
22	19 12,1	25 47	14,39	0,58	4,2	10 56	14 53	18 50
27	19 31,6	24 59	15,36	0,55	4,3	10 55	14 52	18 54
XII. 2	19 49,4	24 00	16,47	0,51	4,3	10 42	14 50	18 58
7	20 05,4	22 52	17,72	0,47	4,3	10 32	14 46	19 01
12	20 19,2	21 38	19,13	0,44	4,4	10 18	14 40	19 01
17	20 30,3	20 20	20,71	0,41	4,4	10 02	14 31	18 59
22	20 38,4	19 02	22,46	0,37	4,4	9 43	14 19	18 54
27	20 43,0	17 45	24,36	0,35	4,3	9 21	14 03	18 45
I. 1	20 43,7	—16 34	26,34	0,32	—4,3	8 55	13 44	18 32

## IV. A szabad szemmel

## Mars

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	" "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	20 13,2	-21 04	2,06	2,27	+1,4	8 50	13 15	17 39
11	20 45,7	19 10	2,05	2,29	1,4	8 33	13 08	17 42
21	21 17,6	16 55	2,03	2,30	1,4	8 14	13 00	17 46
31	21 48,7	14 22	2,02	2,32	1,4	7 53	12 52	17 50
II. 10	22 19,0	11 34	2,00	2,34	1,4	7 31	12 43	17 55
20	22 48,8	8 36	1,99	2,35	1,4	7 07	12 33	17 58
III. 2	23 17,9	5 30	1,98	2,37	1,4	6 43	12 23	18 02
12	23 46,7	-2 21	1,97	2,38	1,3	6 19	12 12	18 05
22	0 15,1	+0 49	1,96	2,39	1,3	5 54	12 01	18 08
IV. 1	0 43,4	3 57	1,95	2,40	1,4	5 29	11 50	18 11
11	1 11,7	6 59	1,94	2,41	1,4	5 04	11 39	18 13
21	1 40,0	9 53	1,93	2,42	1,4	4 40	11 28	18 15
V. 1	2 08,5	12 36	1,93	2,43	1,5	4 16	11 17	18 17
11	2 37,3	15 06	1,92	2,43	1,5	3 54	11 06	18 18
21	3 06,4	17 20	1,92	2,44	1,6	3 32	10 56	18 19
31	3 35,8	19 16	1,92	2,44	1,6	3 12	10 46	18 20
VI. 10	4 05,4	20 54	1,92	2,43	1,6	2 54	10 36	18 18
20	4 35,3	22 11	1,93	2,42	1,7	2 36	10 26	18 16
30	5 05,2	23 08	1,94	2,41	1,7	2 21	10 17	18 12
VII. 10	5 35,1	23 43	1,95	2,40	1,7	2 08	10 07	18 06
20	6 04,8	23 56	1,97	2,38	1,8	1 57	9 58	17 58
30	6 34,1	23 49	1,99	2,35	1,8	1 48	9 48	17 47
VIII. 9	7 03,0	23 22	2,02	2,32	1,8	1 40	9 37	17 34
19	7 31,2	22 37	2,05	2,29	1,8	1 33	9 26	17 18
29	7 58,6	21 35	2,08	2,25	1,8	1 27	9 14	17 00
IX. 8	8 25,3	20 18	2,13	2,20	1,8	1 21	9 01	16 40
18	8 51,1	18 49	2,18	2,15	1,8	1 16	8 47	16 19
28	9 16,1	17 09	2,24	2,09	1,7	1 10	8 33	15 56
X. 8	9 40,2	15 21	2,31	2,03	1,7	1 04	8 17	15 31
18	10 03,5	13 27	2,39	1,96	1,7	0 57	8 01	15 06
28	10 25,9	11 28	2,49	1,88	1,6	0 49	7 44	14 39
XI. 7	10 47,5	9 28	2,60	1,80	1,5	0 41	7 27	14 12
17	11 08,3	7 27	2,73	1,72	1,5	0 31	7 08	13 44
27	11 28,2	5 29	2,88	1,63	1,4	0 21	6 48	13 16
XII. 7	11 47,2	3 34	3,05	1,43	1,2	0 09	6 28	12 47
17	12 05,1	1 46	3,25	1,44	1,1	23 55	6 06	12 18
27	12 21,8	+0 07	3,49	1,34	+1,0	23 40	5 44	11 48

## látható bolygók adatai

## Jupiter

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEJ-ben Budapesten		
	RA	D	látészó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	12 37,0	— 2 34	17,22	5,34	—1,6	23 46	5 38	11 30
11	12 39,2	2 45	17,75	5,18	1,7	23 09	5 01	10 52
21	12 40,3	2 49	18,30	5,02	1,7	22 31	4 22	10 14
31	12 40,1	2 46	18,85	4,88	1,8	21 52	3 43	9 34
II. 10	12 39,0	2 35	19,37	4,75	1,9	21 10	3 02	8 55
20	12 36,6	2 18	19,83	4,63	1,9	20 27	2 21	8 14
III. 2	12 33,3	1 54	20,21	4,55	1,9	19 43	1 38	7 33
12	12 29,2	1 26	20,48	4,49	1,9	18 58	0 55	6 52
22	12 24,7	0 56	20,62	4,46	2,0	18 12	0 11	6 10
IV. 1	12 20,0	— 0 25	20,62	4,46	2,0	17 21	23 23	5 24
11	12 15,4	+ 0 04	20,48	4,49	2,0	16 35	22 39	4 42
21	12 11,3	0 29	20,22	4,55	2,0	15 50	21 55	4 01
V. 1	12 08,0	0 49	19,84	4,63	1,9	15 06	21 13	3 20
11	12 05,6	1 02	19,39	4,74	1,9	14 23	20 31	2 39
21	12 04,2	1 08	18,89	4,87	1,8	13 42	19 51	1 59
31	12 04,0	1 07	18,36	5,01	1,7	13 03	19 11	1 20
VI. 10	12 04,8	0 59	17,83	5,16	1,7	12 25	18 33	0 41
20	12 06,7	0 44	17,31	5,31	1,6	11 49	17 55	0 02
30	12 09,6	+ 0 23	16,81	5,47	1,6	11 14	17 19	23 24
VII. 10	12 13,3	— 0 04	16,36	5,62	1,5	10 40	16 44	22 47
20	12 17,9	0 36	15,94	5,77	1,4	10 08	16 09	22 10
30	12 23,2	1 12	15,56	5,91	1,4	9 37	15 35	21 33
VIII. 9	12 29,1	1 52	15,24	6,03	1,3	9 06	15 01	20 57
19	12 35,6	2 35	14,96	6,15	1,3	8 36	14 29	20 21
29	12 42,5	3 21	14,72	6,24	1,3	8 07	13 56	19 45
IX. 8	12 49,8	4 08	14,53	6,32	1,2	7 39	13 24	19 10
18	12 57,4	4 57	14,39	6,38	1,2	7 11	12 52	18 34
28	13 05,3	5 46	14,30	6,43	1,2	6 43	12 21	17 59
X. 8	13 13,3	6 35	14,26	6,45	1,2	6 15	11 50	17 24
18	13 21,4	7 24	14,26	6,45	1,2	5 47	11 18	16 49
28	13 29,5	8 12	14,31	6,42	1,2	5 20	10 47	16 14
XI. 7	13 37,6	8 59	14,40	6,38	1,2	4 52	10 16	15 40
17	13 45,5	9 44	14,55	6,32	1,2	4 24	9 44	15 05
27	13 53,2	10 26	14,75	6,23	1,3	3 55	9 13	14 30
XII. 7	14 00,5	11 05	14,99	6,13	1,3	3 26	8 41	13 55
17	14 07,4	11 40	15,29	6,01	1,4	2 57	8 08	13 20
27	14 13,7	—12 12	15,64	5,88	—1,4	2 26	7 35	12 44

**IV. A szabad szemmel látható bolygók adatai**  
**Szaturnusz**

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapestén		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	' "	' "	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	12 38,6	—1 36	7,88	9,46	+1,0	23 43	5 39	11 36
11	12 39,5	1 39	8,02	9,30	1,0	23 05	5 01	10 57
21	12 39,8	1 37	8,16	9,14	0,9	22 26	4 22	10 18
31	12 39,4	1 32	8,29	8,99	0,9	21 45	3 42	9 39
II. 10	12 38,3	1 22	8,42	8,86	0,8	21 04	3 02	8 59
20	12 36,7	1 09	8,53	8,74	0,8	20 22	2 21	8 19
III. 2	12 34,6	0 53	8,62	8,66	0,7	19 40	1 39	7 39
12	12 32,1	0 36	8,68	8,59	0,7	18 57	0 58	6 59
22	12 29,3	—0 17	8,71	8,56	0,7	18 13	0 16	6 18
IV. 1	12 26,5	+0 02	8,71	8,56	0,7	17 26	23 29	5 33
11	12 23,7	0 20	8,68	8,59	0,7	16 42	22 47	4 52
21	12 21,1	0 36	8,62	8,65	0,8	15 59	22 05	4 11
V. 1	12 18,8	0 49	8,53	8,74	0,9	15 17	21 24	3 31
11	12 17,0	0 59	8,43	8,85	0,9	14 35	20 43	2 50
21	12 15,8	1 05	8,30	8,98	1,0	13 54	20 02	2 10
31	12 15,1	1 07	8,17	9,13	1,1	13 14	19 22	1 31
VI. 10	12 15,0	1 05	8,03	9,28	1,1	12 35	18 43	0 51
20	12 15,6	0 59	7,89	9,45	1,2	11 55	18 04	0 12
30	12 16,7	0 49	7,76	9,61	1,2	11 19	17 26	23 33
VII. 10	12 18,4	0 35	7,63	9,78	1,2	10 42	16 48	22 54
20	12 20,7	+0 18	7,51	9,93	1,2	10 07	16 11	22 16
30	12 23,5	—0 01	7,40	10,08	1,2	9 32	15 35	21 38
VIII. 9	12 26,6	0 24	7,30	10,22	1,2	8 57	14 59	21 00
19	12 30,2	0 48	7,21	10,34	1,2	8 23	14 23	20 23
29	12 34,1	1 14	7,15	10,44	1,2	7 49	13 48	19 46
IX. 8	12 38,2	1 42	7,09	10,51	1,1	7 16	13 12	19 08
18	12 42,5	2 10	7,05	10,57	1,1	6 43	12 37	18 31
28	12 47,0	2 38	7,03	10,60	1,0	6 11	12 02	17 54
X. 8	12 51,5	3 07	7,03	10,61	1,0	5 38	11 28	17 17
18	12 56,0	3 35	7,04	10,60	1,0	5 05	10 53	16 41
28	13 00,5	4 02	7,07	10,55	1,0	4 32	10 18	16 04
XI. 7	13 04,8	4 28	7,11	10,49	1,0	3 59	9 43	15 27
17	13 08,9	4 52	7,17	10,40	1,0	3 26	9 08	14 50
27	13 12,8	5 14	7,25	10,29	1,0	2 52	8 32	14 13
XII. 7	13 16,2	5 33	7,34	10,16	1,0	2 17	7 56	13 35
17	13 19,3	5 49	7,44	10,02	1,0	1 42	7 20	12 58
27	13 21,9	—6 02	7,56	9,86	+0,9	1 06	6 43	12 20



# IVa. Az Uránusz és a Neptunusz adatai

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözET-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
Uránusz								
I. 1	15 44,9	—19 35	1,76	19,51	+5,9	4 13	8 45	13 18
31	15 49,9	19 51	1,80	19,09	5,9	2 21	6 52	11 23
III. 2	15 51,9	19 57	1,84	18,58	5,8	0 26	4 56	9 27
IV. 1	15 50,6	19 53	1,89	18,13	5,8	22 26	2 57	7 26
V. 1	15 46,7	19 41	1,92	17,85	5,8	20 23	0 55	5 27
31	15 41,6	19 25	1,92	17,82	5,8	18 15	22 48	3 21
VI. 30	15 37,2	19 11	1,90	18,05	5,8	16 11	20 46	1 20
VII. 30	15 35,2	19 04	1,86	18,47	5,8	14 11	18 46	23 21
VIII. 29	15 36,2	19 08	1,81	18,97	5,9	12 14	16 49	21 24
IX. 28	15 40,2	19 23	1,76	19,43	5,9	10 22	14 55	19 29
X. 28	15 46,6	19 44	1,74	19,74	6,0	8 32	13 04	17 35
XI. 27	15 54,1	20 07	1,73	19,83	6,0	6 43	11 13	15 43
XII. 27	16 01,5	—20 29	1,74	19,67	+6,0	4 55	9 22	13 50
Neptunusz								
I. 1	17 30,0	—21 58	1,17	31,21	+7,8	6 11	10 30	14 50
31	17 34,3	22 00	1,18	30,94	7,8	4 17	8 36	12 56
III. 2	17 37,1	22 01	1,20	30,49	7,8	2 22	6 41	11 00
IV. 1	17 37,8	22 00	1,22	29,98	7,7	0 25	4 44	9 03
V. 1	17 36,5	21 58	1,24	29,54	7,7	22 25	2 45	7 04
31	17 33,6	21 56	1,25	29,29	7,7	20 24	0 44	5 04
VI. 30	17 30,2	21 54	1,25	29,29	7,7	18 18	22 38	2 58
VII. 30	17 27,3	21 53	1,24	29,54	7,7	16 18	20 38	0 58
VIII. 29	17 25,9	21 53	1,22	29,97	7,7	14 18	18 38	22 58
IX. 28	17 26,6	21 55	1,20	30,48	7,8	12 21	16 41	21 01
X. 28	17 29,3	21 59	1,18	30,92	7,8	10 26	14 46	19 05
XI. 27	17 33,4	22 02	1,17	31,20	7,8	8 33	12 52	17 11
XII. 27	17 38,3	—22 05	1,17	31,24	+7,8	6 40	10 59	15 18



# V. A bolygók heliocentrikus

Dátum	MERKUR		VÉNUSZ		FÖLD	
	$\lambda$	$\beta$	$\lambda$	$\beta$	$\lambda$	$\beta$
	°	°	°	°	°	0,001°-ban
I. 6	296,1	—6,5	232,1	+1,4	105,2	—4
16	330,8	—6,8	248,0	+0,5	115,4	—3
26	16,3	—3,7	263,9	—0,5	125,5	—3
II. 5	75,4	+3,3	279,7	—1,4	135,7	—3
15	135,5	+7,0	295,6	—2,2	145,8	—2
25	181,6	+5,1	311,4	—2,8	155,9	—1
III. 7	216,2	+1,4	327,2	—3,2	165,9	—1
17	245,1	—2,1	343,0	—3,4	175,9	0
27	272,7	—5,0	358,9	—3,3	185,8	+1
IV. 6	302,6	—6,8	14,8	—3,0	195,7	+1
16	338,9	—6,5	30,8	—2,4	205,5	+2
26	27,3	—2,5	46,8	—1,7	215,2	+2
V. 6	88,3	+4,6	62,9	—0,8	224,9	+4
16	146,1	+6,9	79,0	+0,2	234,6	+4
26	189,4	+4,4	95,1	+1,1	244,2	+4
VI. 5	222,3	+0,7	111,3	+2,0	253,8	+4
15	250,7	—2,8	127,6	+2,7	263,4	+4
25	278,5	—5,4	143,8	+3,1	272,9	+4
VII. 5	309,3	—6,9	160,1	+3,4	282,5	+4
15	347,6	—6,1	176,3	+3,3	292,0	+4
25	38,9	—1,1	192,5	+3,0	301,5	+4
VIII. 4	100,9	+5,6	208,6	+2,5	311,1	+3
14	156,0	+6,7	224,6	+1,8	320,7	+3
24	196,7	+3,6	240,6	+0,9	330,3	+2
IX. 3	228,3	—0,1	256,5	0,0	340,0	+1
13	256,3	—3,4	272,3	—0,9	349,7	0
23	284,4	—5,9	288,1	—1,8	359,5	—1
X. 3	316,3	—7,0	303,9	—2,5	9,3	—1
13	356,8	—5,4	319,7	—3,0	19,2	—2
23	51,1	+0,4	335,6	—3,3	29,1	—2
XI. 2	113,2	+6,4	351,5	—3,4	39,1	—3
12	165,3	+6,2	7,4	—3,2	49,1	—3
22	203,6	+2,9	23,3	—2,7	59,2	—4
XII. 2	234,2	—0,8	39,3	—2,0	69,3	—4
12	261,9	—3,9	55,3	—1,2	79,4	—4
22	290,4	—6,2	71,4	—0,3	89,6	—4

$\lambda$ : ekliptikai hosszúság

$\beta$ : ekliptikai szélesség

ekliptikai koordinátái (0<sup>h</sup> világidőkor)

Dátum	MARS		JUPITER		SZATURNUSZ	
	$\lambda$	$\beta$	$\lambda$	$\beta$	$\lambda$	$\beta$
	°	°	°	°	°	
I. 6	317,8	—1,8	179,0	+1,3	183,3	+2,3
16	324,1	—1,8	179,8	+1,3	183,7	+2,3
26	330,5	—1,8	180,6	+1,3	184,0	+2,4
II. 5	336,8	—1,8	181,3	+1,3	184,3	+2,4
15	343,2	—1,7	182,1	+1,3	184,7	+2,4
25	349,5	—1,6	182,8	+1,3	185,0	+2,4
III. 7	355,8	—1,5	183,6	+1,3	185,3	+2,4
17	2,1	—1,4	184,4	+1,3	185,7	+2,4
27	8,2	—1,2	185,1	+1,3	186,0	+2,4
IV. 6	14,4	—1,1	185,9	+1,3	186,3	+2,4
16	20,4	—0,9	186,6	+1,3	186,7	+2,4
26	26,5	—0,7	187,4	+1,3	187,0	+2,4
V. 6	32,3	—0,5	188,1	+1,3	187,3	+2,4
16	38,2	—0,3	188,9	+1,3	187,7	+2,4
26	43,9	—0,2	189,6	+1,3	188,0	+2,4
VI. 5	49,5	0,0	190,4	+1,3	188,3	+2,4
15	55,0	+0,2	191,2	+1,3	188,7	+2,4
25	60,5	+0,4	191,9	+1,3	189,0	+2,4
VII. 5	65,8	+0,5	192,7	+1,3	189,3	+2,4
15	71,1	+0,7	193,4	+1,3	189,7	+2,4
25	76,2	+0,8	194,2	+1,3	190,0	+2,4
VIII. 4	81,4	+1,0	194,9	+1,3	190,3	+2,4
14	86,3	+1,1	195,7	+1,3	190,6	+2,4
24	91,3	+1,2	196,5	+1,3	191,0	+2,4
IX. 3	96,1	+1,3	197,2	+1,3	191,3	+2,4
13	100,9	+1,5	198,0	+1,3	191,6	+2,4
23	105,6	+1,5	198,7	+1,3	192,0	+2,4
X. 3	110,3	+1,6	199,5	+1,3	192,3	+2,4
13	114,9	+1,7	200,2	+1,3	192,6	+2,4
23	119,4	+1,7	201,0	+1,3	193,0	+2,4
XI. 2	123,9	+1,8	201,7	+1,3	193,3	+2,5
12	128,4	+1,8	202,5	+1,3	193,6	+2,5
22	132,9	+1,8	203,3	+1,3	193,9	+2,5
XII. 2	137,3	+1,8	204,0	+1,3	194,3	+2,5
12	141,7	+1,8	204,8	+1,3	194,6	+2,5
22	146,1	+1,8	205,5	+1,3	194,9	+2,5

# Vla. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

Nap	Január		Február	
	a holdak a bolygó		a holdak a bolygó	
	nyugati oldalon	keleti oldalon	nyugati oldalon	keleti oldalon
	1 <sup>a</sup>		23 <sup>a</sup>	
1	.4 .2	.3	.4 3. .2	
2	.41.	.2 3.	.4 3. 1.	.2
3		2..13.	.4.3	2..1
4	.23.1.	.4	.21..4	.3
5	3.	.21. .4		.2.41. .3
6	.3 .1	2. .4	.1	2. .43.
7	2. .3	1. .4	2.	1. 3. .4
8	.2.1	.3 4.	.23.	.4
9		.2 .3 4.	3. 1.	.2 4.
10		.12.3. 4.	.3	2..1 4.
11	2.1.3.	4.	2.1.	4.
12	3. 4.	.1		1.4. .3
13	4..3 1.	2.	.14.	2. 3.
14	4. 2..3	1.	4. 2.	1. 3.
15	4. .2.1	.3	4. .23. .1	
16	.4	1. .2 .3	4. 3.	.2
17	.4	2. 3.	4. .3	.12.
18	.4 2.1.3.		.4 2. 1..3	
19	3. .4	.1	.4	.1 .3
20	.3 1.	.4 2.	.4 1.	2. 3.
21	.32.	1. .4	.42.	1. 3.
22	.2.1	.3 .4	.2.13.	.4
23		1..2 .3 .4	3.	1. .2 .4
24		2. 3. 4.	.3	2. .4
25	2. 1.	4.	2. .31.	.4
26	3. .2	.1 4.	.2	.1 .3 4.
27	.3 1.	.24.	1.	.2 .1 4.
28	.3 2.	4. .1		1. 3. 4.
29	4..2.1	.3		
30	4.	1..2 .3		
31	4. .1	2. 3.		

# VII. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m	hold	jelenség	Dátum	h m	hold	jelenség
I. 1	3 11 4 24	v k	1 2 m f	II. 1	1 19 2 20 3 36 4 58	v v v k	1 1 3 3 a e a e
3	3 51	v	2 e	2	4 04	k	2 f
7	3 45 4 29 5 42 6 33	k k k v	3 1 1 3 m a e m	4	0 18 0 59 2 55	k v v	2 2 2 e a e
8	5 04	v	1 m	8	0 59 1 57 3 12 4 08 4 33	k k v v k	1 1 1 1 3 a e a e a
9	2 22	v	1 e	9	1 16	v	1 m
10	3 44 4 02 6 22	k v v	2 2 2 e a e	11	0 49 2 40 3 32 5 17	k k v k	2 2 2 2 a e a e
14	2 39 5 44	k v	3 3 f f	12	0 56	v	3 m
15	3 31	k	1 f	13	0 23	v	2 m
16	2 02 3 04 4 14	k v v	1 1 1 e a e	14	5 31	k	1 f
17	3 52 6 14 6 35	k k v	2 2 2 a e a	15	2 52 3 43 5 06 5 55	k k v v	1 1 1 1 a e a e
19	3 58	v	2 m	16	0 00	k	1 f
21	6 36	k	3 f	17	0 21	v	1 e
22	5 24	k	1 f	18	3 23 5 00	k k	2 2 a e
23	2 44 3 52 4 58 6 04	k k v v	1 1 1 1 a e a e	19	1 27 1 45	v k	3 3 f m
24	3 12 6 26	v k	1 2 m a	20	2 43	v	2 m
25	3 59	v	3 e	22	4 46 5 29	k k	1 1 a e
26	6 25	v	2 m	23	1 53 4 48 23 56	k v k	1 1 1 f m e
30	4 37 5 42	k k	1 1 e	24	23 14	v	1 m
31	1 45 5 01	k v	1 1 m	25	5 57	k	2 a
				26	2 24	k	3 f
				27	1 06 5 01	k v	2 2 f m
				28	23 05	v	2 e

# Via. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

Nap	Március		Április	
	a holdak a bolygó		a holdak a bolygó	
	nyugati oldalon	keleti oldalon	nyugati oldalon	keleti oldalon
	21 <sup>h</sup>		21 <sup>h</sup>	
1	•2 •1	4 •	•3	1 • 4 •
2	3 • 4 •	•21 •	•2 •1 •3	4 •
3	•34 • •1	2 •		1 ••24 • •3
4	4 • 2 ••3		4 •	2 • 3 •
5	4 • •2	•1 •3	4 • 2 •1 •	3 •
6	•4 1 •	•2 ••3	4 • 3 ••2	•1
7	•4	2 ••13 •	4 • 3 • 1 •	•2
8	•4 2 • •1	3 •	•4 •3	1 •
9	3 ••4	•21 •	•4 •2 •1 •3	
10	•3 •1	•4 2 •	•4	1 ••2 •3
11	•32 •	1 • •4	•4	2 • •3
12	•2	•3 •4	•21 •	3 •
13	1 •	•2 •3 •4	•23 •	•1 •4
14		2 ••1 3 • •4	3 • 1 •	•2 •4
15	2 •1 •	3 • 4 •	•3	2 •1 • •4
16	3 •	1 • 4 •	2 • ••13	4 •
17	3 • •1	2 •4 •		1 • •3 4 •
18	•3 2 •	4 •1 •	•1	2 • •34 •
19	4 ••2	•3	2 •	3 •4 •
20	4 • 1 •	•2 •3	•2 3 •	4 ••1
21	4 •	2 ••1 3 •	3 • 4 •1 •	•2
22	4 • 2 •1 •	3 •	4 ••3	2 •1 •
23	•4 3 • •2	1 •	4 • 2 • ••31	
24	•4 3 • •1	2 •	4 •	1 ••3
25	•4 3 2 •	1 •	•4 •1	2 • •3
26	•2 •4 •1		•4 2 •	1 • 3 •
27		••42 •3	•4 •2	3 •
28		•12 • •43 •	3 • •41 •	•2
29	2 •1 •	3 • •4	•3	•42 ••1
30	3 • •2	•1 •4	2 ••31 •	•4
31	3 • 1 •	•2 4 •		



# Vib. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m	hold	jelenség	Dátum	h m	hold	jelenség
III. 1	21 30	v 3	e	IV. 1	21 14	v 2	e
3	22 15	k 1	f		21 35	v 2	a
4	0 59	v 1	m	2	21 37	k 3	m
	21 49	v 1	a	3	0 09	k 1	m
	22 18	v 1	e		1 11	v 3	f
7	21 49	k 2	a		2 33	v 1	f
	22 44	k 2	e		21 28	k 1	e
8	0 32	v 2	a		21 40	k 1	a
	20 23	k 3	a		23 40	v 1	e
	22 12	k 3	e		23 53	v 1	a
	23 21	v 3	a	4	21 02	v 1	f
9	0 50	v 3	e	8	20 50	k 2	e
	20 25	v 2	m		21 29	k 2	a
11	21 30	k 1	a		23 30	v 2	e
	21 51	k 1	e	9	0 11	v 2	a
	23 43	v 1	a	11	20 19	k 1	m
12	0 02	v 1	e		22 56	v 1	f
15	0 24	k 2	a	15	23 07	k 2	a
	0 59	k 2	e	16	0 05	k 2	a
16	0 21	k 3	a		1 47	v 2	e
	1 30	k 3	a		2 47	v 2	a
	3 19	v 3	a	17	21 50	v 2	f
	4 08	v 3	e	18	0 57	k 1	e
	19 33	k 2	f		1 28	k 1	a
	22 40	v 2	m		3 09	v 1	e
18	23 23	k 1	a		22 04	k 1	m
	23 34	k 1	e	19	0 51	v 1	f
19	20 31	k 1	f		21 35	v 1	e
	22 53	v 1	m		22 09	v 1	a
20	20 05	v 1	a	20	20 14	k 3	a
	20 12	v 1	e		20 41	v 3	e
23	22 08	k 2	f		23 07	v 3	a
24	0 54	v 2	m	24	20 24	k 2	m
26	21 14	v 3	f	25	0 24	v 2	f
	22 25	k 1	m	26	21 09	k 1	e
27	0 39	v 1	f		21 51	k 1	a
	19 44	k 1	e		23 21	v 1	e
	19 46	k 1	a	27	0 03	v 1	a
	21 56	v 1	e		21 14	v 1	f
	21 59	v 1	a		21 16	k 3	e
31	0 30	k 2	m	28	0 06	v 3	e
	3 24	v 2	f		0 13	k 3	a

# Vla. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

N 2000	Május			Júnus		
	a holdak a bolygó			a holdak a bolygó		
	nyugati oldalán		keleti oldalán	nyugati oldalán		keleti oldalán
	21 <sup>h</sup>			21 <sup>h</sup>		
1		.2	.31 . 4	2 . 1	.4 3 .	
2		.1	2 . .3 . 4	3 . 2	1 . .4	
3		2 .	1 . .3 . 4 .	3 . .1	2 . .4	
4		.2	3 . . 4 .	.3 2 .		.4
5		3 . 1 .	.2 4 .	.2 .3	.1	.4
6		3 .	.12 .4 .	1 .	.2 .3 4 .	
7		.32 .1 .			2 . 1 .34 .	
8		4 . .2 .	.31 .	2 . .1	34 .	
9		4 . .1	.2 .3	.2	4 . 1 .	
10		4 .	1 . .3 .	3 .4 . .1	.2	
11		4 . .2 .1	3 .	4 . .3	1 .	
12		.4 3 .	.2	4 . .2 .3		
13		.43 .	.12 .	4 . 1 .	. .23	
14		. .432 .1 .		.4	.12 . .3	
15		.2 .4	.3 .1	.4 21 .	3 .	
16		.1	.4 .2 .3	.4 .2	3 .2 .	
17			2 .1 . 3 . .4	3 . .4 .1	.2	
18		.2 .1	3 . .4	.3	2 . .41 .	
19		3 .		. .23	.4	
20		3 .	2 . .4 .	1 .	. .23 .4	
21		.3 2 .1 .	4 .		.12 . .3 .4	
22		.2 3 .	.1 4 .	21 .	3 . .4 .	
23		1 .	4 . .2 .3	.2	3 . .1 4 .	
24		4 .	1 .2 . 3 .	3 . .1	.2 4 .	
25		4 . 2 . .1	3 .	3 .	21 . .4 .	
26		4 . 3 .	1 .	.32 . .1		
27		4 . 3 .	2 .	4 .	.3	
28		.4 .3 2 .1 .		4 .	.12 . .3	
29		.4 .2 .3	.1	4 . 12 .	3 .	
30		.4 1 .	.2 .3	4 . .2	3 . .1	
31		.4	2 . .1 .3			

# Vib. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m	hold	jelenség	Dátum	h m	hold	jelenség
V. 1	22 42	k 2	m	VI. 2	22 55	v 3	a
3	1 37	k 1	m	3	0 41	k 1	e
	21 18	v 2	a		21 51	k 1	m
	22 56	k 1	e	4	21 04	v 2	a
	23 45	k 1	a		21 21	v 1	e
4	1 08	v 1	e		22 32	v 1	a
	1 58	v 1	a	9	22 00	v 3	e
	23 09	v 1	f	10	0 00	k 2	m
5	0 43	k 3	e		0 07	k 3	a
8	21 03	v 3	f		23 44	k 1	m
9	1 03	k 2	m	11	21 02	k 1	e
10	21 14	k 2	a		21 02	k 2	a
	22 00	v 2	e		21 12	v 2	e
	23 55	v 2	a		22 15	k 1	a
11	0 43	k 1	e		23 14	v 1	e
	1 40	k 1	a		23 41	v 2	a
	21 52	k 1	m	12	21 42	v 1	f
12	1 04	v 1	f	16	22 54	k 3	e
	21 23	v 1	e	18	21 03	k 2	e
	22 20	v 1	a		22 55	k 1	e
15	22 10	k 3	f		23 40	k 2	a
16	1 01	v 3	f		23 47	v 2	e
17	21 43	k 2	e	19	23 37	v 1	f
	23 51	k 2	a	20	20 50	v 1	a
18	0 25	v 2	e		20 55	v 3	f
	23 41	k 1	m		20 59	v 2	f
19	21 00	k 1	e	26	22 02	k 1	m
	21 24	v 2	f	27	21 31	v 1	e
	22 03	k 1	a		22 07	k 3	f
	23 12	v 1	e		22 44	v 1	a
20	0 15	v 1	a				
	21 27	v 1	f				
22	21 37	k 3	m				
23	0 34	v 3	m				
25	0 10	k 2	e				
26	1 31	k 1	m				
	22 50	k 1	e				
	23 58	k 1	a				
	23 59	v 2	f				
27	1 02	v 1	e				
	23 23	v 1	f				
30	1 19	k 3	m				

# Via. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

Nap	Július			December		
	a holdak a bolygó			a holdak a bolygó		
	nyugati oldalán		keleti oldalán	nyugati oldalán		keleti oldalán
	21 <sup>h</sup>			5 <sup>h</sup>		
1	.4	3 . .1	.2	.4 .3 .1 .2		
2	.43 .	21 . .		.4 .3	1 .2 .	
3	. .432 . .1			.4 .12 .	.3	
4	.4	1 .		.2	.4 .3	
5		.42 . .3			.1 .2 .43 .	
6	12 . .	.43 .		1 .	3 .2 .	.4
7	.2	.13 .	.4	3 .2 .	.1	.4
8	13 . .	.2	.4	.3 1 . .2		4 .
9	3 .	12 . .	4 .	.3	1 . .2	4 .
10	.32 . .1		4 .	.1	2 . .3	4 .
11	. .32	1 . 4 .		2 .	1 . 4 .	.3
12		4 .2 . .3			4 . .2	3 .
13	14 . .	.3		4 . 1 .	3 .2 .	
14	4 . .2	.13 .		4 . 3 .2 .	.1	
15	4 . 1 .3 .	.2		4 . 3 . .21 .		
16	4 . 3 .	.12 .		4 . .3	1 . .2	
17	4 . .3 2 . .1			.4 .1	.32 .	
18	.4 . .32	1 .		.4 2 .	1 . .3	
19	.4 .1	.3 .2		.4 .1	3 .	
20	.4	2 . .3		.41 .	3 .2 .	
21	2 . .4	.1 3 .		3 .2 .	.1 .4	
22	1 .	.2 .4		3 . .21 .	.4	
23	3 .	.12 . .4		.3	.1 .2	.4
24	.3 2 . .1		.4	1 . .3	2 .	.4
25	.3 .2	1 .	.4	2 .	1 . .3	4 .
26	.1	.3 .2	4 .	.1	3 . 4 .	
27		1 .2 . 3 4 .			3 . .2 4 .	
28	2 .	3 .4 .		3 .2 .	.1 4 .	
29	1 .	3 .4 .		3 . .21 .4 .		
30	3 . 4 .	.12 .		.34 .	. .12	
31	.34 . 1 .2 .			4 . 1 . .3	2 .	

# VII. A Jupiter holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m	hold	jelenség	Dátum	h m	hold	jelenség		
VII. 4	21 00	k	2	m	XII. 1	5 45	k	2	f
	21 14	k	1	e	3	4 50	v	2	e
	22 28	k	1	a		6 14	k	1	f
5	21 56	v	1	f	4	4 11	k	1	e
6	20 52	v	2	a		5 34	v	1	a
13	20 52	k	2	a		6 22	v	1	e
	21 02	v	1	a	6	6 04	v	3	a
	21 06	v	2	e	10	5 05	k	2	e
20	20 46	k	1	a		5 51	v	2	a
	21 05	k	2	e	11	5 17	k	1	a
	21 49	v	1	e		6 10	k	1	e
22	20 33	v	2	f	12	5 40	v	1	m
<p><i>k</i> vagy <i>v</i> betűt azt mutatja, hogy a szomszédos oszlop időadata a jelenség kezdetére, ill. végére vonatkozik-e.</p> <p>A többi betű:</p> <p><i>f</i> = fogyatkozás van (a Jupiter-hold fogyatkozásban van, tehát a Jupiter árnyékkúpjába került),</p> <p><i>m</i> = a hold a Jupiter korongja mögött (Földünkről nem látszik),</p> <p><i>e</i> = a hold a Jupiter korongja előtt (a hold látszólagosan a bolygó korongján van),</p> <p><i>a</i> = a hold „fekete” árnyéka vetődik a Jupiter korongjára (a Jupiteren teljes napfogyatkozás van).</p>				17	3 51	v	3	m	
					5 54	k	2	a	
				19	4 29	k	1	f	
					4 45	v	2	m	
				20	3 50	v	1	a	
					4 49	v	1	e	
				24	3 59	v	3	f	
					5 47	k	3	m	
				26	6 22	k	1	f	
				27	3 33	k	1	a	
					4 37	k	1	e	
					5 43	v	1	a	
				28	4 04	v	1	m	
				31	5 31	k	3	f	



# VII. A Mars és a Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus

Dátum	MARS	JUPITER		SZATURNUSZ	
		I.	II.	a	b
Január 4	91	236	218	39,88	5,06
8	52	148	99	40,16	5,12
12	12	59	340	40,44	5,16
16	332	331	221	40,72	5,19
20	293	243	103	41,00	5,22
24	253	155	344	41,28	5,23
28	213	67	226	41,55	5,24
Február 1	174	339	107	41,82	5,24
5	134	251	348	42,07	5,22
9	94	163	230	42,32	5,20
13	54	75	111	42,55	5,16
17	14	347	353	42,77	5,12
21	334	259	235	42,98	5,06
25	294	171	116	43,16	5,00
Március 1	255	83	358	43,33	4,93
5	215	355	239	43,47	4,85
9	175	268	121	43,60	4,76
13	135	180	3	43,70	4,67
17	95	92	244	43,77	4,57
21	55	4	126	43,82	4,46
25	15	276	8	43,85	4,36
29	335	188	249	43,85	4,25
Április 2	296	100	131	43,83	4,14
6	256	12	12	43,78	4,03
10	216	284	254	43,70	3,92
14	176	196	135	43,60	3,81
18	137	108	17	43,48	3,71
22	97	20	258	43,34	3,61
26	58	292	139	43,18	3,52
30	18	204	21	43,00	3,43
Május 4	339	115	262	42,80	3,35
8	299	27	143	42,58	3,27
12	260	299	24	42,36	3,21
16	221	210	265	42,11	3,15
20	182	122	146	41,86	3,10
24	142	33	27	41,60	3,06
28	103	304	268	41,34	3,02
Június 1	64	216	148	41,06	3,00
5	25	127	29	40,78	2,98
9	346	38	270	40,50	2,98
13	307	309	150	40,22	2,98
17	268	220	31	39,94	2,99
21	229	131	271	39,66	3,01
25	190	42	152	39,39	3,03
29	151	313	32	39,11	3,07

A megadott planetografikus hosszúságok a bolygó forgási tengelyével definiált koordinátákat adják meg; a Szaturnusz gyűrűjére megadott *a* és *b* a gyűrű látszólagos nagy- és kistengelyét jelenti.

hosszúsága és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag (0<sup>h</sup> világidőkor)

Dátum		MARS	JUPITER		SZATURNUSZ	
			I.	II.	a	b
Július	3	112	224	273	38,85	3,11
	7	73	135	153	38,58	3,15
	11	34	46	33	38,33	3,21
	15	355	317	274	38,08	3,27
	19	316	227	154	37,84	3,33
	23	278	138	34	37,61	3,41
	27	239	49	274	37,39	3,48
	31	200	320	155	37,18	3,56
Augusztus	4	161	230	35	36,97	3,65
	8	122	141	275	36,78	3,74
	12	83	52	155	36,60	3,84
	16	44	322	35	36,43	3,94
	20	6	233	275	36,28	4,04
	24	327	144	155	36,13	4,14
	28	288	54	36	36,00	4,25
	1	249	325	276	35,88	4,37
Szeptember	5	210	236	156	35,77	4,48
	9	171	146	36	35,67	4,60
	13	132	57	276	35,59	4,72
	17	94	328	156	35,52	4,84
	21	55	238	36	35,46	4,96
	25	16	149	277	35,42	5,09
	29	337	60	157	35,39	5,21
	3	298	330	37	36,37	5,34
Október	7	259	241	277	36,37	5,47
	11	220	152	157	36,38	5,60
	15	181	62	37	35,40	5,74
	19	142	333	278	35,44	5,87
	23	104	244	158	35,49	6,00
	27	65	155	38	35,55	6,13
	31	26	65	278	35,62	6,27
	4	347	336	159	35,71	6,40
November	8	308	247	39	35,82	6,53
	12	269	158	279	35,93	6,67
	16	231	69	160	36,06	6,80
	20	192	340	40	36,20	6,93
	24	153	251	281	36,36	7,06
	28	115	162	161	36,52	7,19
	2	76	73	42	36,70	7,32
	6	37	344	282	36,89	7,44
December	10	359	255	163	37,09	7,56
	14	320	166	43	37,30	7,68
	18	282	77	284	37,52	7,80
	22	244	349	165	33,76	7,91
	26	205	260	45	38,00	8,02
	30	167	171	286	38,25	8,12

A Jupiter esetében az I. és a II. adatok nagyjából a bolygó egyenlítő környéki sávjára, illetve a bolygófelület egyéb helyeire vonatkoznak.

# VIII. Bolygókorongok megvilágításának adatai

Dátum		MERKUR		VÉNUSZ		MARS	
		K	I	K	I	K	I
Január	1	100	4	92	32	98	14
	11	98	16	94	29	99	13
	21	89	39	95	26	99	11
	31	62	76	96	22	99	10
Február	10	17	132	97	19	100	8
	20	3	160	98	16	100	6
Március	2	25	120	99	13	100	5
	12	48	93	99	9	100	3
	22	63	75	100	6	100	2
Április	1	75	61	100	3	100	1
	11	86	45	100	3	100	1
	21	96	22	100	5	100	3
Május	1	98	13	99	9	100	4
	11	79	54	99	12	100	6
	21	52	88	98	16	100	8
	31	29	115	97	20	99	9
Június	10	11	148	96	24	99	11
	20	1	169	94	28	99	12
	30	6	151	92	32	99	14
Július	10	25	120	90	36	98	15
	20	54	86	88	40	98	17
	30	85	45	86	44	97	19
Augusztus	9	99	9	83	48	97	20
	19	96	24	80	53	96	22
	29	87	41	78	57	96	23
Szeptember	8	78	55	75	61	95	25
	18	67	70	71	65	95	26
	28	51	89	68	69	94	28
Október	8	24	121	64	73	94	29
	18	1	170	61	78	93	31
	28	29	116	56	83	92	32
November	7	71	65	52	88	92	33
	17	91	35	46	94	91	34
	27	98	17	41	101	91	35
December	7	100	5	34	109	91	36
	17	99	9	26	119	90	36
	27	96	23	17	131	90	36

K: a bolygó korongjának a Nap által megvilágított hányada

I: a Nap és a Föld látszólagos szögtávolsága a bolygó centrumából nézve

# IX. Hullámhossz-frekvencia ( $\lambda$ — $\nu$ ) összehasonlító táblázat

$\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\nu$ [PHz]	$\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\nu$ [THz]	$\lambda$ [cm]	$\nu$ [GHz]	$\lambda$ [m]	$\nu$ [MHz]	$\lambda$ [km]	$\nu$ [kHz]
1	300	1	300	0,1	300	1	300	1	300
2	150	2	150	0,2	150	2	150	2	150
3	100	3	100	0,3	100'	3	100	3	100
4	75,0	4	75,0	0,4	75,0	4	75,0	4	75,0
5	60,0	5	60,0	0,5	60,0	5	60,0	5	60,0
6	50,0	6	50,0	0,6	50,0	6	50,0	6	50,0
7	42,8	7	42,8	0,7	42,8	7	42,8	7	42,8
8	37,5	8	37,5	0,8	37,5	8	37,5	8	37,5
9	33,4	9	33,4	0,9	33,4	9	33,4	9	33,4
10	30,0	10	30,0	1	30,0	10	30,0	10	30,0
20	15,0	20	15,0	2	15,0	20	15,0	20	15,0
30	10,0	30	10,0	3	10,0	30	10,0	30	10,0
40	7,50	40	7,50	4	7,50	40	7,50	40	7,50
50	6,00	50	6,00	5	6,00	50	6,00	50	6,00
60	5,00	60	5,00	6	5,00	60	5,00	60	5,00
70	4,28	70	4,28	7	4,28	70	4,28	70	4,28
80	3,75	80	3,75	8	3,75	80	3,75	80	3,75
90	3,34	90	3,34	9	3,34	90	3,34	90	3,34
100	3,00	100	3,00	10	3,00	100	3,00	100	3,00
200	1,50	200	1,50	20	1,50	200	1,50	200	1,50
300	1,00	300	1,00	30	1,00	300	1,00	300	1,00
400	0,750	400	0,750	40	0,750	400	0,750	400	0,750
500	0,600	500	0,600	50	0,600	500	0,600	500	0,600
600	0,500	600	0,500	60	0,500	600	0,500	600	0,500
700	0,428	700	0,428	70	0,428	700	0,428	700	0,428
800	0,375	800	0,375	80	0,375	800	0,375	800	0,375
900	0,334	900	0,334	90	0,334	900	0,334	900	0,334
1000	0,300	1000	0,300	100	0,300	1000	0,300	1000	0,300

kHz = kilohertz ( $10^3$  Hz)

MHz = megahertz ( $10^6$  Hz)

PHz = petahertz ( $10^{15}$  Hz)

GHz = gigahertz\* ( $10^9$  Hz)

THz = terahertz ( $10^{12}$  Hz)

# X. A fél napi ív hossza

És a (+) deklinációjú csillagokra					
D	fél napi ív	D	fél napi ív	D	fél napi ív
°	h m	°	h m	°	h m
0,0	6 00	14,5	7 05	29,0	8 29
0,5	6 02	15,0	7 08	29,5	8 32
1,0	6 04	15,5	7 10	30,0	8 36
1,5	6 06	16,0	7 13	30,5	8 40
2,0	6 08	16,5	7 15	31,0	8 44
2,5	6 11	17,0	7 18	31,5	8 48
3,0	6 13	17,5	7 20	32,0	8 52
3,5	6 15	18,0	7 23	32,5	8 56
4,0	6 17	18,5	7 25	33,0	9 00
4,5	6 19	19,0	7 28	33,5	9 05
5,0	6 22	19,5	7 31	34,0	9 09
5,5	6 24	20,0	7 33	34,5	9 14
6,0	6 26	20,5	7 36	35,0	9 19
6,5	6 28	21,0	7 39	35,5	9 24
7,0	6 30	21,5	7 42	36,0	9 29
7,5	6 33	22,0	7 44	36,5	9 35
8,0	6 35	22,5	7 47	37,0	9 41
8,5	6 37	23,0	7 50	37,5	9 47
9,0	6 39	23,5	7 53	38,0	9 54
9,5	6 42	24,0	7 56	38,5	10 01
10,0	6 44	24,5	7 59	39,0	10 08
10,5	6 46	25,0	8 02	39,5	10 16
11,0	6 49	25,5	8 05	40,0	10 25
11,5	6 51	26,0	8 08	40,5	10 35
12,0	6 53	26,5	8 12	41,0	10 46
12,5	6 56	27,0	8 15	41,5	10 59
13,0	6 58	27,5	8 18	42,0	11 17
13,5	7 00	28,0	8 22	42,5	12 00
14,0	7 03	28,5	8 25		



# 47,5° földrajzi szélességen

Déli (—) deklinációjú csillagokra					
D	fél napi ív	D	fél napi ív	D	fél napi ív
°	h m	°	h m	°	h m
0,0	6 00	14,5	4 54	29,0	3 31
0,5	5 57	15,0	4 52	29,5	3 27
1,0	5 55	15,5	4 49	30,0	3 23
1,5	5 53	16,0	4 47	30,5	3 20
2,0	5 51	16,5	4 44	31,0	3 16
2,5	5 49	17,0	4 42	31,5	3 12
3,0	5 47	17,5	4 39	32,0	3 08
3,5	5 44	18,0	4 37	32,5	3 03
4,0	5 42	18,5	4 34	33,0	2 59
4,5	5 40	19,0	4 31	33,5	2 55
5,0	5 38	19,5	4 29	34,0	2 50
5,5	5 36	20,0	4 26	34,5	2 45
6,0	5 33	20,5	4 23	35,0	2 40
6,5	5 31	21,0	4 21	35,5	2 35
7,0	5 29	21,5	4 18	36,0	2 30
7,5	5 27	22,0	4 15	36,5	2 24
8,0	5 24	22,5	4 12	37,0	2 18
8,5	5 22	23,0	4 09	37,5	2 12
9,0	5 20	23,5	4 06	38,0	2 06
9,5	5 18	24,0	4 03	38,5	1 59
10,0	5 15	24,5	4 00	39,0	1 51
10,5	5 13	25,0	3 57	39,5	1 43
11,0	5 11	25,5	3 54	40,0	1 34
11,5	5 08	26,0	3 51	40,5	1 25
12,0	5 06	26,5	3 48	41,0	1 13
12,5	5 04	27,0	3 45	41,5	1 00
13,0	5 01	27,5	3 41	42,0	0 42
13,5	4 59	28,0	3 38	42,5	0 00
14,0	4 57	28,5	3 34		

# XI. Időegyenlet (valódi idő)

Hónap	Január	Február	Március	Április	Május	Június
Nap	m s	m s	m s	m s	m s	m s
1	3 24	13 34	12 29	4 02	+ 2 53	+ 2 21
2	3 52	13 42	12 17	3 44	3 00	2 12
3	4 20	13 49	12 05	3 16	3 07	2 02
4	4 48	13 56	11 52	3 09	3 13	1 42
5	5 15	14 01	11 39	2 51	3 19	1 42
6	5 42	14 06	11 25	2 34	3 24	1 31
7	6 08	14 10	11 11	2 17	3 28	1 20
8	6 34	14 13	10 57	2 00	3 32	1 09
9	6 59	14 15	10 42	1 44	3 35	0 57
10	7 24	14 17	10 27	1 27	3 38	0 46
11	7 48	14 17	10 12	1 11	3 40	0 34
12	8 12	14 17	9 56	0 55	3 42	0 21
13	8 35	14 16	9 40	0 40	3 43	+ 0 09
14	8 57	14 15	9 23	0 24	3 43	— 0 03
15	9 19	14 12	9 07	— 0 10	3 43	0 16
16	9 40	14 09	8 50	+ 0 05	3 43	0 29
17	10 00	14 05	8 32	0 19	3 42	0 41
18	10 20	14 01	8 15	0 33	3 40	0 54
19	10 39	13 55	7 57	0 47	3 38	1 07
20	10 57	13 49	7 40	0 60	3 35	1 20
21	11 14	13 43	7 22	1 13	3 32	1 33
22	11 31	13 36	7 04	1 25	3 28	1 46
23	11 47	13 28	6 45	1 37	3 23	1 59
24	12 02	13 19	6 27	1 48	3 18	2 12
25	12 16	13 10	6 09	1 59	3 13	2 25
26	12 30	13 01	5 51	2 09	3 07	2 37
27	12 42	12 50	5 33	2 19	3 00	2 50
28	12 54	— 12 40	5 14	2 28	2 53	3 03
29	13 05		4 56	2 37	2 46	3 15
30	13 16		4 38	— 2 46	2 38	3 27
31	— 13 25		— 4 20		— 2 30	

mínusz helyi középido)

Hónap	Július	Augusztus	Szeptember	Október	November	December
Nap	m s	m s	m s	m s	m s	m s
1	—3 39	—6 17	—0 07	+10 11	+16 22	+11 07
2	3 51	3 13	+0 12	10 30	16 24	10 44
3	4 02	6 09	0 31	10 49	16 24	10 21
4	4 13	6 04	0 50	11 07	16 24	9 57
5	4 24	5 58	1 10	11 26	16 23	9 33
6	4 34	5 52	1 30	11 44	16 21	9 08
7	4 44	5 46	1 50	12 01	16 19	8 43
8	4 54	5 38	2 11	12 18	16 15	8 17
9	5 03	5 30	2 31	12 35	16 11	7 51
10	5 12	5 22	2 52	12 51	16 06	7 24
11	5 20	5 13	3 13	13 07	16 00	6 57
12	5 28	5 03	3 34	13 23	15 53	6 29
13	5 36	4 53	3 56	13 38	15 46	6 01
14	5 43	4 42	4 17	13 52	15 37	5 33
15	5 49	4 31	4 38	14 06	15 28	5 04
16	5 55	4 19	5 00	14 19	15 18	4 36
17	6 01	4 06	5 21	14 32	15 07	4 06
18	6 06	3 54	5 43	14 44	14 55	3 37
19	6 10	3 40	6 04	14 56	14 42	3 07
20	6 14	3 26	6 25	15 07	14 28	2 38
21	6 17	3 12	6 46	15 17	14 14	2 08
22	6 20	2 57	7 08	15 26	13 59	1 38
23	6 22	2 42	7 29	15 35	13 43	1 08
24	6 24	2 26	7 50	15 43	13 26	0 38
25	6 25	2 10	8 10	15 51	13 08	+ 0 08
26	6 26	1 54	8 31	15 58	12 50	— 0 22
27	6 26	1 37	8 51	16 04	12 31	0 51
28	6 25	1 20	9 11	16 09	12 11	1 21
29	6 24	1 02	9 31	16 13	11 50	1 50
30	6 22	0 44	9 51	16 17	11 29	2 20
31	—6 20	—0 26		+16 20		— 2 49

## XIIa. Középidő átszámítása csillagidőre

Középidő egységek és korrekciók									
órák	korrekció	per- cek	korrekció	per- cek	korrekció	má- sod- per- cek	korrekció	má- sod- per- cek	korrekció
	m s		s		s		s		s
0	0 0,00	0	0,00	30	4,93	0	0,00	30	0,08
1	9,86	1	0,16	31	5,09	1	0,00	31	0,08
2	19,71	2	0,33	32	5,26	2	0,01	32	0,09
3	29,57	3	0,49	33	5,42	3	0,01	33	0,09
4	39,43	4	0,66	34	5,59	4	0,01	34	0,09
5	49,28	5	0,82	35	5,75	5	0,01	35	0,10
6	59,14	6	0,99	36	5,91	6	0,02	36	0,10
7	1 9,00	7	1,15	37	6,08	7	0,02	37	0,10
8	18,85	8	1,31	38	6,24	8	0,02	38	0,10
9	28,71	9	1,48	39	6,41	9	0,02	39	0,11
10	38,56	10	1,64	40	6,57	10	0,03	40	0,11
11	48,42	11	1,81	41	6,74	11	0,03	41	0,11
12	58,28	12	1,97	42	6,90	12	0,03	42	0,12
13	2 8,13	13	2,14	43	7,06	13	0,04	43	0,12
14	17,99	14	2,30	44	7,23	14	0,04	44	0,12
15	27,85	15	2,46	45	7,39	15	0,04	45	0,12
16	37,70	16	2,63	46	7,56	16	0,04	46	0,13
17	47,56	17	2,79	47	7,72	17	0,05	47	0,13
18	57,42	18	2,96	48	7,89	18	0,05	48	0,13
19	3 7,27	19	3,12	49	8,05	19	0,05	49	0,13
20	17,13	20	3,29	50	8,21	20	0,05	50	0,14
21	26,99	21	3,45	51	8,38	21	0,06	51	0,14
22	36,84	22	3,61	52	8,54	22	0,06	52	0,14
23	46,70	23	3,78	53	8,71	23	0,06	53	0,15
24	56,56	24	3,94	54	8,87	24	0,07	54	0,15
		25	4,11	55	9,04	25	0,07	55	0,15
		26	4,27	56	9,20	26	0,07	56	0,15
		27	4,44	57	9,36	27	0,07	57	0,16
		28	4,60	58	9,53	28	0,08	58	0,16
		29	4,76	59	9,69	29	0,08	59	0,16

## XIIb. Csillagidő átszámítása középídőre

Csillagidő egységek és korrekciók									
órák	korrekció	per- cek	korrekció	per- cek	korrekció	má- sod- per- cek	korrekció	má- sod- per- cek	korrekció
	m s		s		s		s		s
0	0 0,00	0	0,00	30	4,92	0	0,00	30	0,08
1	9,83	1	0,16	31	5,08	1	0,00	31	0,08
2	19,66	2	0,33	32	5,24	2	0,01	32	0,09
3	29,49	3	0,49	33	5,41	3	0,01	33	0,09
4	39,32	4	0,65	34	5,57	4	0,01	34	0,09
5	49,15	5	0,82	35	5,73	5	0,01	35	0,09
6	58,98	6	0,98	36	5,90	6	0,02	36	0,10
7	1 8,81	7	1,15	37	6,06	7	0,02	37	0,10
8	18,64	8	1,31	38	6,22	8	0,02	38	0,10
9	28,47	9	1,47	39	6,39	9	0,02	39	0,11
10	38,30	10	1,64	40	6,55	10	0,03	40	0,11
11	48,13	11	1,80	41	6,72	11	0,03	41	0,11
12	57,96	12	1,97	42	6,88	12	0,03	42	0,11
13	2 7,78	13	2,13	43	7,04	13	0,03	43	0,12
14	17,61	14	2,29	44	7,21	14	0,04	44	0,12
15	27,44	15	2,46	45	7,37	15	0,04	45	0,12
16	37,27	16	2,62	46	7,54	16	0,04	46	0,13
17	47,10	17	2,78	47	7,70	17	0,05	47	0,13
18	56,93	18	2,95	48	7,86	18	0,05	48	0,13
19	3 6,76	19	3,11	49	8,03	19	0,05	49	0,13
20	16,59	20	3,28	50	8,19	20	0,06	50	0,14
21	26,42	21	3,44	51	8,35	21	0,06	51	0,14
22	36,25	22	3,60	52	8,52	22	0,06	52	0,14
23	46,08	23	3,77	53	8,68	23	0,06	53	0,14
24	55,91	24	3,93	54	8,85	24	0,07	54	0,15
		25	4,10	55	9,01	25	0,07	55	0,15
		26	4,26	56	9,17	26	0,07	56	0,15
		27	4,42	57	9,34	27	0,07	57	0,16
		28	4,59	58	9,50	28	0,08	58	0,16
		29	4,75	59	9,67	29	0,08	59	0,16



### XIIIa. Szögmértékek átszámítása időadatokra

ív	idő	ív	idő	ív	idő	ív	idő	ív	idő
°	h m s	°	h m s	°	h m s	'	m s	'	m s
1	0 04 00	31	2 04 00	61	4 04 00	1	00 04	31	02 04
2	0 08 00	32	2 08 00	62	4 08 00	2	00 08	32	02 08
3	0 12 00	33	2 12 00	63	4 12 00	3	00 12	33	02 12
4	0 16 00	34	2 16 00	64	4 16 00	4	00 16	34	02 16
5	0 20 00	35	2 20 00	65	4 20 00	5	00 20	35	02 20
6	0 24 00	36	2 24 00	66	4 24 00	6	00 24	36	02 24
7	0 28 00	37	2 28 00	67	4 28 00	7	00 28	37	02 28
8	0 32 00	38	2 32 00	68	4 32 00	8	00 32	38	02 32
9	0 36 00	39	2 36 00	69	4 36 00	9	00 36	39	02 36
10	0 40 00	40	2 40 00	70	4 40 00	10	00 40	40	02 40
11	0 44 00	41	2 44 00	71	4 44 00	11	00 44	41	02 44
12	0 48 00	42	2 48 00	72	4 48 00	12	00 48	42	02 48
13	0 52 00	43	2 52 00	73	4 52 00	13	00 52	43	02 52
14	0 56 00	44	2 56 00	74	4 56 00	14	00 56	44	02 56
15	1 00 00	45	3 00 00	75	5 00 00	15	01 00	45	03 00
16	1 04 00	46	3 04 00	76	5 04 00	16	01 04	46	03 04
17	1 08 00	47	3 08 00	77	5 08 00	17	01 08	47	03 08
18	1 12 00	48	3 12 00	78	5 12 00	18	01 12	48	03 12
19	1 16 00	49	3 16 00	79	5 16 00	19	01 16	49	03 16
20	1 20 00	50	3 20 00	80	5 20 00	20	01 20	50	03 20
21	1 24 00	51	3 24 00	81	5 24 00	21	01 24	51	03 24
22	1 28 00	52	3 28 00	82	5 28 00	22	01 28	52	03 28
23	1 32 00	53	3 32 00	83	5 32 00	23	01 32	53	03 32
24	1 36 00	54	3 36 00	84	5 36 00	24	01 36	54	03 36
25	1 40 00	55	3 40 00	85	5 40 00	25	01 40	55	03 40
26	1 44 00	56	3 44 00	86	5 44 00	26	01 44	56	03 44
27	1 48 00	57	3 48 00	87	5 48 00	27	01 48	57	03 48
28	1 52 00	58	3 52 00	88	5 52 00	28	01 52	58	03 52
29	1 56 00	59	3 56 00	89	5 56 00	29	01 56	59	03 56
30	2 00 00	60	4 00 00	90	6 00 00	30	02 00	60	04 00

### XIIIb. Időadatok átszámítása szögmértékre

idő	fv	idő	fv	idő	fv	idő	fv	idő	fv
h	°	m	°	m	°	s	°	s	°
1	15	1	0 15	31	7 45	1	0 15	31	7 45
2	30	2	0 30	32	8 00	2	0 30	32	8 00
3	45	3	0 45	33	8 15	3	0 45	33	8 15
4	60	4	1 00	34	8 30	4	1 00	34	8 30
5	75	5	1 15	35	8 45	5	1 15	35	8 45
6	90	6	1 30	36	9 00	6	1 30	36	9 00
7	105	7	1 45	37	9 15	7	1 45	37	9 15
8	120	8	2 00	38	9 30	8	2 00	38	9 30
9	135	9	2 15	39	9 45	9	2 15	39	9 45
10	150	10	2 30	40	10 00	10	2 30	40	10 00
11	165	11	2 45	41	10 15	11	2 45	41	10 15
12	180	12	3 00	42	10 30	12	3 00	42	10 30
13	195	13	3 15	43	10 45	13	3 15	43	10 45
14	210	14	3 30	44	11 00	14	3 30	44	11 00
15	225	15	3 45	45	11 15	15	3 45	45	11 15
16	240	16	4 00	46	11 30	16	4 00	46	11 30
17	255	17	4 15	47	11 45	17	4 15	47	11 45
18	270	18	4 30	48	12 00	18	4 30	48	12 00
19	285	19	4 45	49	12 15	19	4 45	49	12 15
20	300	20	5 00	50	12 30	20	5 00	50	12 30
21	315	21	5 15	51	12 45	21	5 15	51	12 45
22	330	22	5 30	52	13 00	22	5 30	52	13 00
23	345	23	5 45	53	13 15	23	5 45	53	13 15
24	360	24	6 00	54	13 30	24	6 00	54	13 30
		25	6 15	55	13 45	25	6 15	55	13 45
		26	6 30	56	14 00	26	6 30	56	14 00
		27	6 45	57	14 15	27	6 45	57	14 15
		28	7 00	58	14 30	28	7 00	58	14 30
		29	7 15	59	14 45	29	7 15	59	14 45
		30	7 30	60	15 00	30	7 30	60	15 00

# XIV. Julián-dátumok 1900—2000

Év	Jan. 0.	Febr. 0.	Márc. 0.	Ápr. 0.	Máj. 0.	Jún. 0.	Júl. 0.	Aug. 0.	Szept. 0.	Okt. 0.	Nov. 0.	Déc. 0.
1900	241 5020	5051	5079	5110	5140	5171	5201	5232	5263	5293	5324	5354
1901	5385	5416	5444	5475	5505	5536	5566	5597	5628	5658	5689	5719
1902	5750	5781	5809	5840	5870	5901	5931	5962	5993	6023	6054	6084
1903	6115	6146	6174	6205	6235	6266	6296	6327	6358	6388	6419	6449
1904	6480	6511	6540	6571	6601	6632	6662	6693	6724	6754	6785	6815
1905	241 6846	6877	6905	6936	6966	6997	7027	7058	7089	7119	7150	7180
1906	7211	7242	7270	7301	7331	7362	7392	7423	7454	7484	7515	7545
1907	7576	7607	7635	7666	7696	7727	7757	7788	7819	7849	7880	7910
1908	7941	7972	8001	8032	8062	8093	8123	8154	8185	8215	8246	8276
1909	8307	8338	8366	8397	8427	8458	8488	8519	8550	8580	8611	8641
1910	241 8672	8703	8731	8762	8792	8823	8853	8884	8915	8945	8976	9006
1911	9037	9068	9096	9127	9157	9188	9218	9249	9280	9310	9341	9371
1912	9402	9433	9462	9493	9523	9554	9584	9615	9646	9676	9707	9737
1913	9768	9799	9827	9858	9888	9919	9949	9980	0011	0041	0072	0102
1914	242 0133	0164	0192	0223	0253	0284	0314	0345	0376	0406	0437	0467
1915	242 0498	0529	0557	0588	0618	0649	0679	0710	0741	0771	0802	0832
1916	0863	0894	0923	0954	0984	1015	1045	1076	1107	1137	1168	1198
1917	1229	1260	1288	1319	1349	1380	1410	1441	1472	1502	1533	1563
1918	1594	1625	1653	1684	1714	1745	1775	1806	1837	1867	1898	1928
1919	1959	1990	2018	2049	2079	2110	2140	2171	2202	2232	2263	2293
1920	242 2324	2355	2384	2415	2445	2476	2506	2537	2568	2598	2629	2659
1921	2690	2721	2750	2780	2810	2841	2871	2902	2933	2963	2994	3024
1922	3055	3086	3114	3145	3175	3206	3236	3267	3298	3328	3359	3389
1923	3420	3451	3479	3510	3540	3571	3601	3632	3663	3693	3724	3754
1924	242 3785	3816	3845	3876	3906	3937	3967	3998	4029	4059	4090	4120

1925	242	4151	4182	4210	4241	4271	4302	4332	4363	4394	4424	4455	4485
1926		4516	4547	4575	4606	4636	4667	4697	4728	4759	4789	4820	4850
1927		4881	4912	4940	4971	5001	5032	5062	5093	5124	5154	5185	5215
1928		5246	5277	5306	5337	5367	5398	5428	5459	5490	5520	5551	5581
1929		5612	5643	5671	5702	5732	5763	5793	5824	5855	5885	5916	5946
1930	242	5977	6008	6036	6067	6097	6128	6158	6189	6220	6250	6281	6311
1931		6342	6373	6401	6432	6462	6493	6523	6554	6585	6615	6646	6676
1932		6707	6738	6767	6798	6828	6859	6889	6920	6951	6981	7012	7042
1933		7073	7104	7132	7163	7193	7224	7254	7285	7316	7346	7377	7407
1934		7438	7469	7497	7528	7558	7589	7619	7650	7681	7711	7742	7772
1935	242	7803	7834	7862	7893	7923	7954	7984	8015	8046	8076	8107	8137
1936		8168	8199	8228	8259	8289	8320	8350	8381	8412	8442	8473	8503
1937		8534	8565	8593	8624	8654	8685	8715	8746	8777	8807	8838	8868
1938		8899	8930	8958	8989	9019	9050	9080	9111	9142	9172	9203	9233
1939		9264	9295	9323	9354	9384	9415	9445	9476	9507	9537	9568	9598
1940	242	9629	9660	9689	9720	9750	9781	9811	9842	9873	9903	9934	9964
1941		9995	0026	0054	0085	0115	0146	0176	0207	0238	0268	0299	0329
1942	243	0360	0391	0419	0450	0480	0511	0541	0572	0603	0633	0664	0694
1943		0725	0756	0784	0815	0845	0876	0906	0937	0968	0998	1029	1059
1944		1090	1121	1150	1181	1211	1242	1272	1303	1334	1364	1395	1425
1945	243	1456	1487	1515	1546	1576	1607	1637	1668	1699	1729	1760	1790
1946		1821	1852	1880	1911	1941	1972	2002	2033	2064	2094	2125	2155
1947		2186	2217	2245	2276	2306	2337	2367	2398	2429	2459	2490	2520
1948		2551	2582	2611	2642	2672	2703	2733	2764	2795	2825	2856	2886
1949	243	2917	2948	2976	3007	3037	3068	3098	3129	3160	3190	3221	3251



# XIV. Julián-dátumok 1900—2000

Év	Jan. 0.	Febr. 0.	Márc. 0.	Ápr. 0.	Máj. 0.	Jún. 0.	Júl. 0.	Aug. 0.	Szept. 0.	Okt. 0.	Nov. 0.	Dec. 0.
1950	243 3282	3313	3341	3372	3402	3433	3463	3494	3525	3555	3586	3616
1951	243 3647	3678	3706	3737	3767	3798	3828	3859	3890	3920	3951	3981
1952	4012	4043	4072	4103	4133	4164	4194	4225	4256	4286	4317	4347
1953	4378	4409	4437	4468	4498	4529	4559	4590	4621	4651	4682	4712
1954	4743	4774	4802	4833	4863	4894	4924	4955	4986	5016	5047	5077
1955	243 5108	5139	5167	5198	5228	5259	5289	5320	5351	5381	5412	5442
1956	5473	5504	5533	5564	5594	5625	5655	5686	5717	5747	5778	5808
1957	5839	5870	5898	5929	5959	5990	6020	6051	6082	6112	6143	6173
1958	6204	6235	6263	6294	6324	6355	6385	6416	6447	6477	6508	6538
1959	6569	6600	6628	6659	6689	6720	6750	6781	6812	6842	6873	6903
1960	243 6934	6965	6994	7025	7055	7086	7116	7147	7178	7208	7239	7269
1961	7300	7331	7359	7390	7420	7451	7481	7512	7543	7573	7604	7634
1962	7665	7696	7724	7755	7785	7816	7846	7877	7908	7938	7969	7999
1963	8030	8061	8089	8120	8150	8181	8211	8242	8273	8303	8334	8364
1964	8395	8426	8455	8486	8516	8547	8577	8608	8639	8669	8700	8730
1965	243 8761	8792	8820	8851	8881	8912	8942	8973	9004	9034	9065	9095
1966	9126	9157	9185	9216	9246	9277	9307	9338	9369	9399	9430	9460
1967	9491	9522	9550	9581	9611	9642	9672	9703	9734	9765	9795	9825
1968	9856	9887	9916	9947	9977	0008	0038	0069	0100	0130	0161	0191
1969	244 0222	0253	0281	0312	0342	0373	0403	0434	0465	0495	0526	0556
1970	244 0587	0618	0646	0677	0707	0738	0768	0799	0830	0860	0891	0921
1971	0952	0983	1011	1042	1072	1103	1133	1164	1195	1225	1256	1286
1972	1317	1348	1377	1408	1438	1469	1499	1530	1561	1591	1622	1652
1973	1683	1714	1742	1773	1803	1834	1864	1895	1926	1956	1987	2017
1974	244 2048	2079	2107	2138	2168	2199	2229	2260	2291	2321	2352	2382



1975	244	2413	2444	2472	2503	2533	2564	2594	2625	2656	2686	2717	2747
1976		2778	2809	2838	2869	2899	2930	2960	2991	3022	3052	3083	3113
1977		3144	3175	3203	3234	3264	3295	3325	3356	3387	3417	3448	3478
1978		3509	3540	3568	3599	3629	3660	3690	3721	3752	3782	3813	3843
1979		3874	3905	3933	3964	3994	4025	4055	4086	4117	4147	4178	4208
1980	244	4239	4270	4299	4330	4360	4391	4421	4452	4483	4513	4544	4574
1981		4605	4636	4664	4695	4725	4756	4786	4817	4848	4878	4909	4939
1982		4970	5001	5029	5060	5090	5121	5151	5182	5213	5243	5274	5304
1983		5335	5366	5394	5425	5455	5486	5516	5547	5578	5608	5639	5669
1984		5700	5731	5760	5791	5821	5852	5882	5913	5944	5974	6005	6035
1985	244	6066	6097	6125	6156	6186	6217	6247	6278	6309	6339	6370	6400
1986		6431	6462	6490	6521	6551	6582	6612	6643	6674	6704	6735	6765
1987		6796	6827	6855	6886	6916	6947	6977	7008	7039	7069	7100	7130
1988		7161	7192	7221	7252	7282	7313	7343	7374	7405	7435	7466	7496
1989		7527	7558	7586	7617	7647	7678	7708	7739	7770	7800	7831	7861
1990	244	7892	7923	7951	7982	8012	8043	8073	8104	8135	8165	8196	8226
1991		8257	8288	8316	8347	8377	8408	8438	8469	8500	8530	8561	8591
1992		8522	8553	8582	8613	8643	8674	8704	8735	8766	8796	8827	8857
1993		8888	8919	8947	8978	9008	9039	9069	9100	9131	9161	9192	9222
1994		9253	9284	9312	9343	9373	9404	9434	9465	9496	9526	9557	9587
1995	244	9718	9749	9777	9808	9838	9869	9899	9930	9961	9991	0022	0052
1996	245	0083	0114	0143	0174	0204	0235	0265	0296	0327	0357	0388	0418
1997		0449	0480	0508	0539	0569	0600	0630	0661	0692	0722	0752	0783
1998		0814	0845	0873	0904	0934	0965	0995	1026	1057	1087	1118	1148
1999		1179	1210	1238	1269	1299	1330	1360	1391	1422	1452	1483	1513
2000	245	1544	1575	1604	1635	1665	1696	1726	1757	1788	1818	1849	1879

## Kiegészítő tudnivalók a táblázatokhoz

(A táblázatokban nem közölt jelölések magyarázatai)

„RA” és „D”: az I., IV. és IVa. táblázatokban *rektaszcenziót*, illetve *deklinációt* jelent. A koordináták 1981-re vonatkoznak.

A „csillagidő” az I. táblázatban a greenwichi meridiánra, azaz a zéró földrajzi hosszúságra vonatkozik.

„m”: a IV. és IVa. táblázatokban *magnitúdókban* megadott vizuális, látszólagos fényességeket jelent.

„cs. e.” alatt a IV. és IVa. táblázat r oszlopában a bolygók geocentrikus távolságai szerepelnek, *csillagászati egységben*.

A XIV. táblázat számai megadják, hogy egy adott hónap kezdetét megelőző napon déli 12 óra világidőig hány egész nap telt el a Julián-dátum kezdő időpontja (i. e. 4713. január 1. déli 12 óra, világidő) óta.

**FIGYFLEM!** A *nyári időszámítás* tartama alatt a táblázatok közép-európai zónaidőben megadott időadatait + 1 órával korrigálni kell.

## A CSILLAGOS ÉG 1981-BEN

(Időpontok KözEI-ben;

nyári időszámítás esetén az időpontokhoz egy órát hozzá kell adni)

### Január

#### Bolygók

*Merkur:* előretartó mozgást végez 11-ig a Nyilas, 11-től 30-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó közepén egy, a végén másfél órával nyugszik a Nap után. A hó második felében figyelhető meg napnyugta után a délnyugati égbolton. 28-án fázisa 0,73, fényessége —0,7 magnitúdó, mindkettő csökkenő.

*Vénusz:* előretartó mozgást végez 7-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó elején egy és háromnegyed, a végén háromnegyed órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag még megfigyelhető a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. 12-én fázisa 0,94, növekedő, fényessége —3,3 magnitúdó, csökkenő.

*Mars:* előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Jupiter:* 25-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A későesti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

*Szaturnusz:* 19-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A későesti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

*Uránusz:* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Neptunusz:* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

#### Jelenségek

Nap	Óra	
1	23,0	<i>Algol</i> minimumban
3	—	<i>Quadrantidák</i> meteorraj gyakorisági maximuma. Kékes fényűek, kis fényességűek gyakoribbak
4	10	<i>Vénusz</i> 3°-kal délre a Holdtól
4	19,8	<i>Algol</i> minimumban

5	23	<i>Vénusz</i> 0,6°-kal délre a Neptunusztól
7	16,6	<i>Algol</i> minimumban
7	22	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Holdtól
14	09	<i>Jupiter</i> 1°-kal délre a Szaturnusztól
19	03,8	<i>Algol</i> minimumban
20	09	Részleges fogyatkozás a félárnyékban. <b>Tőlünk</b> nem látható.
22	00,7	<i>Algol</i> minimumban
23	23	<i>Merkur</i> 0,3°-kal délre a Marstól
24	21,5	<i>Algol</i> minimumban
25	18	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
25	19	<i>Jupiter</i> 3°-kal délre a Holdtól
27	18,3	<i>Algol</i> minimumban
29	22	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól

## Február

### Bolygók

*Merkur*: 7-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 18-ig a Vízöntő, utána a Bak csillagképben tartózkodik. A hó elején másfél, a közepén fél órával nyugszik a Nap után. A hó első napjaiban figyelhető meg napnyugta után a délnyugati égbolton. 2-án legnagyobb keleti kitérésben, 18° távolságra a Naptól. 17-én alsó együttállásban a Nappal. 5-én fázisa 0,40, fényessége +0,1 magnitúdó, mindkettő csökkenő.

*Vénusz*: előretartó mozgást végez 3-ig a Nyilas, 3-tól 25-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó elején háromnegyed órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcsillag látható napkelte előtt a délkeleti égbolton. A hó közepétől kezdve már a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 5-én fázisa 0,97, fényessége —3,3 magnitúdó, mindkettő növekedő.

*Mars*: előretartó mozgást végez 2-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Jupiter*: hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető.

*Szaturnusz*: hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban kel, és a későesti óráktól kezdve figyelhető meg.

*Uránusz*: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél után kel, és a délkeleti égbolton a hajnali órákban már megkereshető.

*Neptunusz*: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.



## Jelenségek

Nap	Óra	
1	00	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól
3	18	<i>Vénusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
4	23	<i>Gyűrűs napfogyatkozás.</i> Tőlünk nem látható. A gyűrűs fogyatkozás vonala a Csendes-óceán Ausztrália és Dél-Amerika közti részén halad át, Új-Zéland déli szigetét érintve
5	22	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Holdtól
6	05	<i>Merkur</i> 4°-kal északra a Holdtól
10	19	<i>Merkur</i> 4°-kal északra a Marstól
11	02,4	<i>Algol</i> minimumban
13	23,2	<i>Algol</i> minimumban
16	20,0	<i>Algol</i> minimumban
19	08	<i>Jupiter</i> 1°-kal délre a Szaturnusztól
19	16,8	<i>Algol</i> minimumban
22	01	<i>Jupiter</i> 3°-kal délre a Holdtól
22	01	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
22	02	<i>Merkur</i> 5°-kal északra a Vénusztól
26	08	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól

## Március

### Bolygók

*Merkur:* 1-től újra előretartó mozgást végez, 14-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó elején egy, a közepén háromnegyed órával kel a Nap előtt. A hó első felében látható napkelte előtt a délkeleti égbolton. 16-án legnagyobb nyugati kitérésben, 28° távolságra a Naptól. 5-én fázisa 0,33, fényessége +0,8 magnitúdó, mindkettő növekedő.

*Vénusz:* előretartó mozgású 20-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Mars:* előretartó mozgást végez 6-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Jupiter:* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Napnyugta után kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 26-án szembenállásban a Nappal.

*Szaturnusz:* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A koraesti órákban kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 27-én szembenállásban a Nappal.



*Uránusz:* 5-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfélkor kel, és a hajnali órákban figyelhető meg.

*Neptunusz:* 27-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfél után kel, és a hajnali órákban már megfigyelhető.

### *Jelenségek*

Nap	Óra	
4	15	<i>Merkur</i> 2°-kal északra a Holdtól
6	00,9	<i>Algol</i> minimumban
8	21,7	<i>Algol</i> minimumban
11	18,5	<i>Algol</i> minimumban
21	02	<i>Jupiter</i> 3°-kal délre a Holdtól
21	05	<i>Szaturunusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
25	—	<i>Hydridák</i> meteorraj (március 21-től április 4-ig) gyakorisági maximuma
25	15	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól
27	19	<i>Neptunusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
28	23,4	<i>Algol</i> minimumban
31	20,2	<i>Algol</i> minimumban

## **Április**

### *Bolygók*

*Merkur:* előretartó mozgást végez 6-ig a Vízöntő, 6-tól 24-ig a Halak (közben 11-től 14-ig a Cet csillagképet érintve), utána a Kos csillagképben. A hó folyamán nem kerül észlelésére kedvező helyzetbe. 27-én felső együttállásban a Nappal.

*Vénusz:* előretartó mozgást végez 17-ig a Vízöntő, utána a Kos csillagképben. A hó utolsó napjaiban fél órával nyugszik a Nap után, és újból megkereshető mint alkonyicsillag napnyugta után a nyugati égbolton. 7-én felső együttállásban a Nappal. 30-án fázisa 0,99, fényessége —3,4 magnitúdó, mindkettő csökkenő.

*Mars:* előretartó mozgást végez 23-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 2-án együttállásban a Nappal.

*Jupiter:* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető.

*Szaturunusz:* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető.

*Uránusz:* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél előtt kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

*Neptunusz:* hátráló mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. Éjjelkor kel, és a hajnali órákban figyelhető meg.

### *Jelenségek*

Nap	Óra	
3	—	<i>Virginidák</i> meteorraj (március 21-től május 10-ig) gyakorisági maximuma
3	07	<i>Merkur</i> 1°-kal északra a Holdtól
17	02	<i>Jupiter</i> 3°-kal délre a Holdtól
17	07	<i>Szturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
20	22,0	<i>Algol</i> minimumban
21	—	<i>Lyridák</i> meteorraj (április 19-től 24-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek
21	20	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól
24	01	<i>Neptunusz</i> 2°-kal délre a Holdtól

## Május

### *Bolygók*

*Merkur:* előretartó mozgást végez 4-ig a Kos, 4-től 27-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. Ez évben e hó folyamán kerül a megfigyelésére legkedvezőbb helyzetbe. A hó elején fél, a közepén másfél, a végén két órával nyugszik a Nap után. A hó második felében figyelhető meg az esti szürkületben a nyugati égbolton. 22-én a  $\beta$  Tauritól 3°-kal délre látható. Legnagyobb keleti kitérésben 27-én, 23° távolságra a Naptól. 24-én fázisa 0,44, fényessége +0,4 magnitúdó, mindkettő csökkenő.

*Vénusz:* előretartó mozgást végez 5-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A hó elején fél, a végén egy és negyed órával nyugszik a Nap után. Mint alkonycsillag figyelhető meg az esti szürkületben a nyugati égbolton. 16-án fázisa 0,98, fényessége —3,4 magnitúdó, mindkettő csökkenő.

*Mars:* előretartó mozgást végez 25-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Jupiter:* 28-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és éjfél utánig figyelhető meg.

*Szturnusz:* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején három és fél, a végén másfél órával nyugszik éjfél után. Az éjszaka első felében figyelhető meg.

*Uránusz*: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 19-én szembenállásban a Nappal.

*Neptunusz*: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

### *Jelenségek*

Nap	Óra	
4	—	$\eta$ <i>Aquaridák</i> meteorraj (április 22-től május 12-ig) gyakorisági maximuma. Maradandó nyommal
14	04	<i>Jupiter</i> 3°-kal délre a Holdtól
14	10	<i>Szturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
21	05	<i>Neptunusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
28	04,6	<i>Algol</i> minimumban

## Június

### *Bolygók*

*Merkur*: 9-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 15-ig a Bika, 15-től a hó végéig az Orion csillagképben tartózkodik. A hó első napjaiban másfél órával nyugszik a Nap után, és az esti szürkületben még megfigyelhető a nyugati égbolton. 22-én alsó együttállásban a Nappal. 1-én fázisa 0,27, fényessége +1,1 magnitúdó, mindkettő csökkenő.

*Vénusz*: előretartó mozgást végez 5-ig a Bika, 5-től 27-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. Másfél órával nyugszik a Nap után, és mint alkonycsillag látható a koraesti nyugati égbolton. 17-én fázisa 0,95, fényessége —3,3 magnitúdó, mindkettő csökkenő.

*Mars*: előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Jupiter*: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

*Szturnusz*: 6-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és a későesti órákig megfigyelhető.

*Uránusz*: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

*Neptunusz*: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 14-én szembenállásban a Nappal.

## Jelenségek

Nap	Óra	
1	12	<i>Mars</i> 5°-kal északra a Holdtól
3	14	<i>Vénusz</i> 4°-kal északra a Holdtól
4	00	<i>Merkur</i> 3°-kal északra a Holdtól
9	12	<i>Merkur</i> 2°-kal délre a Vénusztól
10	10	<i>Jupiter</i> 3°-kal délre a Holdtól
10	15	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
14	—	<i>Scorpius</i> — <i>Sagittaridák</i> meteorraj (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma
15	03	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól
16	—	<i>Lyridák</i> meteorraj (június 10-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Kékes meteorok, halvány nyommal
17	10	<i>Neptunusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
20	03,1	<i>Algol</i> minimumban
30	07	<i>Mars</i> 4°-kal északra a Holdtól

## Július

### Bolygók

*Merkur*: 3-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 1-től 7-ig a Bika, 7-től 16-ig az Orion, utána az Ikrék csillagképben tartózkodik. A hó elején fél, közepén másfél, a végén egy órával kel a Nap előtt. A hó második harmadában figyelhető meg napkelte előtt a keleti égbolton. 14-én legnagyobb nyugati kitérésben, 21° távolságra a Naptól. 19-én fázisa 0,51, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő növekedő.

*Vénusz*: előretartó mozgást végez 13-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. Másfél órával nyugszik a Nap után, és mint alkonyicsillag látható a koraesti nyugati égbolton. 15-én fázisa 0,89, csökkenő, fényessége —3,3 magnitúdó, növekedő.

*Mars*: előretartó mozgást végez 18-ig a Bika, utána az Ikrék csillagképben. A hó elején másfél, a végén két és fél órával kel a Nap előtt. Újra megfigyelhető a hajnali szürkületben a keleti égbolton.

*Jupiter*: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél előtt nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg.

*Szaturnusz*: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél előtt nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg.

*Uránusz*: hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjjélkor nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg.



*Neptunusz*: hátráló mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

### *Jelenségek*

Nap	Óra	
3	14	<i>Vénusz</i> 1°-kal északra a Holdtól
7	22	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
8	00	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
12	09	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól
13	01,6	<i>Algol</i> minimumban
14	16	<i>Neptunusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
17	—	<i>Részleges holdfogyatkozás</i> . Tőlünk csak a belépés, a félárnyékba látszik, 3 ó 5 p-kor.
28	—	δ <i>Aquaridák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 15-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal
29	01	<i>Mars</i> 3°-kal északra a Holdtól
30	23	<i>Jupiter</i> 1°-kal délre a Szaturnusztól
31	05	<i>Teljes napfogyatkozás</i> , tőlünk nem látható. A teljes fogyatkozás vonala a Fekete-tengertől indulva a Szovjetunión, Kínán, Japán északi részén és a Csendes-óceán északnyugati része felett halad át

## Augusztus

### *Bolygók*

*Merkur*: előretartó mozgást végez 1-től 9-ig a Rák, 9-től 29-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó folyamán nem kerül megfigyelésére kedvező helyzetbe. 10-én felső együttállásban a Nappal.

*Vénusz*: előretartó mozgást végez 12-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Másfél órával nyugszik a Nap után, és mint alkonyicsillag látható a koraesti nyugati égbolton. 16-án fázisa 0,81, csökkenő, fényessége —3,4 magnitúdó, növekedő.

*Mars*: előretartó mozgást végez 28-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. Éjfél után másfél órával kel, és a hajnali keleti égbolton figyelhető meg.

*Jupiter*: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a koraesti órákban még megfigyelhető.



*Szaturnusz*: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával nyugszik a Nap után, és a hó első felében még megfigyelhető az esti szürkületben a nyugati égbolton.

*Uránusz*: 4-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a koraesti órákban még megfigyelhető.

*Neptunusz*: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A későesti órákban nyugszik, és a koraesti órákban még megfigyelhető.

### *Jelenségek*

Nap Óra

1	—	<i>Capricornidák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 20-ig) gyakorisági maximuma. Sárga tűzgömbökkel
2	03,3	<i>Algol</i> minimumban
2	14	<i>Vénusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
4	13	<i>Szaturnusz</i> 3°-kal délre a Holdtól
4	13	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
5	00,1	<i>Algol</i> minimumban
6	—	<i>ι Aquaridák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 25-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal
7	20,9	<i>Algol</i> minimumban
8	16	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól
10	23	<i>Neptunusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
12	—	<i>Perseidák</i> meteorraj (július 25-től augusztus 18-ig) gyakorisági maximuma. Fényes széttöredező meteorok, halvány nyommal
20	—	<i>α Cygnidák</i> meteorraj (augusztus 11-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Robbanó tűzgömbökkel
25	01,8	<i>Algol</i> minimumban
25	23	<i>Vénusz</i> 2°-kal délre a Szaturnusztól
26	17	<i>Mars</i> 2°-kal északra a Holdtól
27	22,7	<i>Algol</i> minimumban
28	02	<i>Vénusz</i> 1°-kal délre a Jupitertől
31	00	<i>Merkur</i> 4°-kal délre a Holdtól

## Szeptember

### Bolygók

*Merkur:* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó első felében háromnegyed órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után kísérelhető meg keresése a délnyugati égbolton. 23-án legnagyobb keleti kitérésben,  $26^\circ$  távolságra a Naptól. 13-án fázisa 0,73, fényessége  $+0,1$  magnitúdó, mindkettő csökkenő.

*Vénusz:* előretartó mozgást végez 19-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. Másfél órával nyugszik a Nap után, és mint alkonycsillag látható a koraesti délnyugati égbolton. 17-én fázisa 0,72, csökkenő, fényessége  $-3,6$  magnitúdó, növekedő.

*Mars:* előretartó mozgást végez 29-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. Éjfél után egy órával kel, és a hajnali keleti égbolton figyelhető meg.

*Jupiter:* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Szaturnusz:* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Uránusz:* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Neptunusz:* 3-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

### Jelenségek

Nap	Óra	
1	03	<i>Szaturnusz</i> $3^\circ$ -kal délre a Holdtól
1	07	<i>Jupiter</i> $4^\circ$ -kal délre a Holdtól
1	16	<i>Vénusz</i> $5^\circ$ -kal délre a Holdtól
5	01	<i>Uránusz</i> $5^\circ$ -kal délre a Holdtól
7	07	<i>Neptunusz</i> $2^\circ$ -kal délre a Holdtól
10	16	<i>Merkur</i> $4^\circ$ -kal délre a Szaturnusztól
12	—	<i>Piscidák</i> meteorraj (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma
13	20	<i>Merkur</i> $3^\circ$ -kal délre a Jupitertől
14	03,5	<i>Algol</i> minimumban
17	00,4	<i>Algol</i> minimumban
19	21,2	<i>Algol</i> minimumban
24	06	<i>Mars</i> $0,05^\circ$ -kal északra a Holdtól
30	03	<i>Merkur</i> $9^\circ$ -kal délre a Holdtól

## Október

### Bolygók

**Merkur:** 6-ig előretartó, 6-tól 26-ig hátráló, utána újból előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó utolsó napjain másfél órával kel a Nap előtt, és a hajnali délkeleti égbolton figyelhető meg napkelte előtt. 18-án alsó együttállásban a Nappal. 31-én fázisa 0,43, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő növekvő.

**Vénusz:** előretartó mozgást végez 7-ig a Mérleg, 7-től 15-ig a Skorpió, utána a Kígyótartó csillagképben. A hó elején másfél, a végén két órával nyugszik a Nap után. Mint alkonycsillag látható a koraesti órákban a délnyugati égbolton. 15-én fázisa 0,62, csökkenő, fényessége —3,8 magnitúdó, növekedő.

**Mars:** előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után kel, és a keleti hajnali égbolton figyelhető meg.

**Jupiter:** előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

**Szturnusz:** előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 6-án együttállásban a Nappal.

**Uránusz:** előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

**Neptunusz:** előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

### Jelenségek

Nap	Óra	
1	22	<i>Vénusz</i> 7°-kal délre a Holdtól
2	11	<i>Uránusz</i> 4°-kal délre a Holdtól
4	15	<i>Neptunusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
7	02,1	<i>Algol</i> minimumban
7	12	<i>Vénusz</i> 2°-kal délre az Uránusztól
9	22,9	<i>Algol</i> minimumban
12	19,7	<i>Algol</i> minimumban
21	—	<i>Orionidák</i> meteorraj (október 16-tól 27-ig) gyakorisági maximuma. Többszörös radiánssal, mara-dandó nyommal
22	18	<i>Mars</i> 1°-kal délre a Holdtól
26	05	<i>Szturnusz</i> 3°-kal délre a Holdtól
26	11	<i>Merkur</i> 4°-kal délre a Holdtól
26	21	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
27	03,8	<i>Algol</i> minimumban

29	21	<i>Uránusz</i> 4°-kal délre a Holdtól
30	00,6	<i>Algol</i> minimumban
30	02	<i>Vénusz</i> 5°-kal délre a Neptunusztól
31	23	<i>Neptunusz</i> 1°-kal délre a Holdtól

## November

### Bolygók

*Merkur*: előretartó mozgást végez 13-ig a Szűz, 13-tól 30-ig a Mérleg csillagképben. A hó elején egy és háromnegyed, a közepén egy és negyed órával kel a Nap előtt. A hó első felében figyelhető meg a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. 3-án legnagyobb nyugati kitérésben, 19° távolságra a Naptól. 8-án fázisa 0,74, fényessége —0,6 magnitúdó, mindkettő növekedő.

*Vénusz*: előretartó mozgást végez 1-től a Nyilas csillagképben. A hó elején két, a végén három órával nyugszik a Nap után. Mint alkony-csillag látható az esti órákban a délnyugati égbolton. 11-én legnagyobb keleti kitérésben, 47° távolságra a Naptól. 16-án fázisa 0,47, csökkenő, fényessége —4,1 magnitúdó, növekedő.

*Mars*: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után kel, és a keleti hajnali égbolton figyelhető meg.

*Jupiter*: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején másfél, a végén már három órával kel a Nap előtt, és újra megfigyelhető a hajnali keleti égbolton.

*Szaturnusz*: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején két és fél órával, a végén négy órával kel a Nap előtt, és újra megfigyelhető a hajnali keleti égbolton.

*Uránusz*: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 22-én együttállásban a Nappal.

*Neptunusz*: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

### Jelenségek

Nap	Óra	
1	04	<i>Vénusz</i> 6°-kal délre a Holdtól
1	21,4	<i>Algol</i> minimumban
4	18,2	<i>Algol</i> minimumban
6	01	<i>Merkur</i> 1°-kal északra a Jupitertől



9	—	<i>Tauridák</i> meteorraj (október 18-tól november 30-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal, gyakori tűzgömbökkel
17	—	<i>Leonidák</i> meteorraj (november 15-től 19-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek maradandó nyommal
19	02,3	<i>Algol</i> minimumban
20	05	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Holdtól
21	23,1	<i>Algol</i> minimumban
22	17	<i>Szturnusz</i> 3°-kal délre a Holdtól
23	14	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
24	19,9	<i>Algol</i> minimumban
27	16,7	<i>Algol</i> minimumban
28	07	<i>Neptunusz</i> 1°-kal délre a Holdtól
30	21	<i>Vénusz</i> 3°-kal délre a Holdtól

## December

### Bolygók

*Merkur:* előretartó mozgást végez 1-től 3-ig a Skorpió, 3-tól 15-ig a Kigyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó utolsó napjain három-negyed órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után a délnyugati égbolton kísérelhető meg keresése. 10-én felső együttállásban a Nappal. 30-án fázisa 0,94, fényessége —0,7 magnitúdó, mindkettő csökkenő.  
*Vénusz:* 30-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 6-ig a Nyilas, majd a Bak csillagképben tartózkodik. A hó folyamán három órával nyugszik a Nap után, és mint alkonyicsillag látható az esti délnyugati égbolton. Legnagyobb fényességét (—4,4 magnitúdó) 16-án éri el, fázisa ugyanekkor 0,27, csökkenő.

*Mars:* előretartó mozgást végez 1-től a Szűz csillagképben. Éjfélkor kel, és a keleti hajnali égbolton figyelhető meg.

*Jupiter:* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Három órával kel éjfél után, és a hajnali órákban figyelhető meg.

*Szturnusz:* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején két és fél, a végén egy órával kel éjfél után. A hajnali égbolton figyelhető meg.

*Uránusz:* 1-től előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Neptunusz:* előretartó mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.



# *Jelenségek*

Nap	Óra	
9	04,0	<i>Algol</i> minimumban
12	00,8	<i>Algol</i> minimumban
14	—	<i>Geminidák</i> meteorraj (december 7-től 15-ig) gyakorisági maximuma. Gyakran tűzgömbökkel, sok teleszkopikus meteorral
14	21,6	<i>Algol</i> minimumban
17	18,5	<i>Algol</i> minimumban
18	14	<i>Mars</i> 3°-kal délre a Holdtól
20	04	<i>Szaturnusz</i> 3°-kal délre a Holdtól
21	07	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
22	—	<i>Ursidák</i> meteorraj (december 17-től 24-ig) gyakorisági maximuma
23	16	<i>Uránusz</i> 4°-kal délre a Holdtól
29	06	<i>Vénusz</i> 2°-kal északra a Holdtól

## AZ MTA CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZET BESZÁMOLÓJA AZ 1979. ÉVRŐL

Terveinknek megfelelően folytattuk műszaki fejlesztési munkáinkat. Elkészült a piskés-tetői 50 cm-es Cassegrain-teleszkóp mérőrendszere. Kiépítettük a fotométer és az időalap on-line kapcsolatát a 48 k tárolókapacitású CAMAC rendszerű mikroprocesszorral. Megoldottuk az automatikus szűrőváltást e távcsövünkönél is, valamint a kupolában elhelyezett műszerek temperálását, egy új termosztát üzembe állításával. A regisztráló berendezéshez megépítettünk egy logaritmikus erősítőt. Több új real-time programot készítettünk.

A budapesti 60 cm-es távcső mérőrendszeréhez vásárolt második CAMAC rendszerű mikroprocesszorunkat üzembe helyeztük. Megépítettünk 2 db 0—1600 V-ig szabályozható tápfeszültségforrást a 60 cm-es teleszkóphoz, illetve laboratóriumi célokra.

Baján tovább folyt a Szegedi úti obszervatórium kiépítése. Megépült a megfigyelő műszerhez az új épület, már csak a szakipari munkák vannak hátra.

A próbamérések során néhány komoly hiányosságot tártunk fel a DVT elektronikus és mechanikai rendszerében. A műszert javításra visszaszállítottuk a Műszeripari Kutató Intézethez.

A szputnyikfelvételek kimeréséhez a Jénai Zeiss Művektől új koordinátamérő berendezést vásároltunk, melyet üzembe is helyeztünk.

\* \* \*

Az egyes tudományos témákban a következő eredményeket kaptuk:

### *Változócsillagok*

A megfigyelések szempontjából az 1979-es esztendő igen kedvezőtlen volt. A Szabadság-hegyen mindössze 82 éjszaka folyt megfigyelés, de csak 26 teljesen derült éjszaka volt. A használható éjszakák hónapok szerinti megoszlása a következő volt: január 4, február 7, március 6, április 7, május 13, június 5, július 3, augusztus 9, szeptember 11, október

13. november 2, és december 2 éjszaka. A legtöbb teljes derült éjszaka augusztusban (6) és októberben (4) volt.

A többszörös periódusú *RR Lyrae* típusú csillagokra folytattuk a megfigyelési anyag gyűjtését. Különösen intenzíven figyeltük meg az *RR Lyrae* és az *RS Bootis* változókat. További megfigyeléseket végeztünk az állandó fénygörbéjű *RR Lyrae* csillagok periódusváltozásainak vizsgálatához. Ennek során többek között észleltük az *X Ari*, *RR Gem*, *RR Leo*, *AV Peg* és *TU UMa* változókat.

A gömbhalmazok *RR Lyrae* változói periódusváltozásainak vizsgálatához további 87 felvételt készítettünk az 1 m-es távcsővel (az *M3*-ról 38, az *M5*-ről 6 és az *M15*-ről 43). Az *M5*-ről és *M15*-ről a felvételek B és V színben készültek.

Lezártuk az 5 és 10 nap közötti periódusú cefeidák vizsgálatát. Két újabb csillagnál (*CV Mon* és *RS Ori*) sikerült kimutatni egy hirtelen periódusváltozást követő periódus-visszaugrást, amely fázisugrásként is felfogható. A cefeidákat tartalmazó kettőscsillagok listájával összevetve kiderült, hogy a periódus-visszaugrást mutató eddigi hat cefeida közül öt biztosan kettős rendszer tagja, ezért sejtésünk az, hogy a periódus-visszaugrás valószínűleg a kísérő csillag jelenlétével lehet kapcsolatos. Az *O — C* diagramok alapján meg lehetett határozni a *DD Cas*, *SU Cyg* és *AW Per* kettős rendszerbeli cefeidák keringési periódusát. A *V1165 Aql*-ről kimutattuk, hogy nem cefeida, sőt fényváltozása is kérdéses.

A törpe cefeidák vizsgálata során kimutattuk, hogy az *EH Lib* periódusa felfedezése óta állandó, míg a *CY Aqr* periódusa 1951-ben ugrásszerűen megváltozott és 0,016 másodperccel csökkent, emellett *O — C* diagramja még kis amplitúdójú ( $\sim 3$  perc), ciklikus ( $\sim 12$  év) változásokat is mutat. A *DY Peg* esetében nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy a perióduscsökkenés folyamatos-e, avagy ugrásszerű periódusváltozások eredménye. A *DY Her* radiális sebességgörbéjének vizsgálata során kimutattuk, hogy annak amplitúdója nagyobb az addig elfogadott értéknél, és így viselkedése átlagos. Újabb  $\delta$  Scuti típusú változók megfigyelését kezdtük el.

Vörös változók vizsgálata során az *M3* egy régebbiről ismert változójára (v. z. 238) új periódust határoztunk meg. Kimutattuk, hogy az egy adott színindextől vörösebb óriások az *M3*-ban változócsillagok. A *HK Lac*-ra (amely egy nem fedési *RS CVn* típusú kettős rendszer) feldolgoztuk az 1976—79-es megfigyelési anyagunkat, és érdekes eredmények adódtak. Igen erős fáziseltolódások léptek föl az évi átlagos maximumok között, a fényváltozás amplitúdója erősen változott, és a csillag közepes fényessége 0,2 magnitúdóval halványabb volt az 1967—71-es mérésekhez képest. Megfigyeltük még az *FG Sge* pekuliáris változót is. Ez egy kb. 6000 évvel ezelőtt keletkezett planetáris kód köz-

ponti csillaga. Kimutattuk, hogy pulzációs periódusa 4,9 nap/év ütemben növekszik. (1979-ben periódusa 108 nap volt.)

Tovább folytattuk *fedési kettős* programunkat is. Több éves megfigyeléssel sikerült kimutatnunk az SV Cam fénygörbéjén egy ún. migrációs hullámot, mely a növekvő fázis irányába halad. Eredményünk jelentőségét az adja, hogy eddig csak 2 napnál hosszabb periódusú RS CVn csillagoknál sikerült migrációs hullámot kimutatni, mégpedig a csökkenő fázis irányába haladót. (Az SV Cam periódusa 0,6 nap.)

### *Stellárstatisztika*

A Schmidt-teleszkóppal 476 felvétel készült az alábbi megoszlásban:

Szupernóvák keresése	227
UBVR-fotometria	160
5°-os prizmával színeképfelvétel	9
flerkeresés	75 (435 expozíció)
egyéb felvételek	5

A *Cepheus OB 2* asszociációban az NGC 7160 nyílthalmaz körüli 5° sugarú területen 1700 csillag klasszifikálását végeztük el. Összehasonlítva az asszociáció IC 1396-os halmaza körüli területtel, a B csillagok száma közel azonos, míg az A, F és G csillagok jelentős excesszusa figyelhető meg, szemben a K—M csillagok viszonylagos hiányával. A csillagok fotometriai feldolgozása folyamatban van.

A *közepes galaktikai szélességeken levő területek vizsgálata* során az IC 4665-ös halmaz körüli 5° átmérőjű területen 1200 csillagot klasszifikáltunk. A B, A és F csillagok száma megfelel az ezen a galaktikus szélességen várható számnak. E területhez a fotoelektromos kalibrációs munkát tovább folytattuk az 1 m-es RCC-teleszkóppal.

A *Nap környezetében levő A típusú csillagok koreloszlásának vizsgálata* során kimutattuk, hogy a koreloszlásban mintegy  $5 \times 10^8$  évenként gyakoriságmaximum figyelhető meg. Az eredmény kapcsolatba hozható a Lin-féle sűrűséghullám-elmélettel.

Tovább folytattuk a *flercsillagok* kutatását, együttműködésben a Bjurakani Observatóriummal. A Schmidt-teleszkóppal felvételeket készítettünk a Plejádok (15 óra észlelési idő), a Praesepe (12 óra) és az NGC 7000 (20 óra) körüli területekről. A Herbig—Haro objektumok többszín-fotometriájához elkezdtük az UBV-felvételek gyűjtését az NGC 7023 és az NGC 2264 vidékéről.

A Schmidt-teleszkóppal 78 területről készítettünk felvételeket a *szupernóva-program* keretében. Az új felvételeknek a korábbi felvételekkel való összehasonlítása során az 1976. október 24-én készült lemezen 15 magnitúdós szupernóvát találtunk az  $\alpha = 7^h 27^m, 2$ ;  $\delta = +65^\circ 19'$  (1950) koordinátájú anonyim galaxisban.



Folytattuk a mesterséges holdak rendszeres vizuális és fotografikus észlelését, illetve a kapott felvételek kimérését. Míg az észlelések számát tekintve eredményeink átlagosak, addig mintegy 30%-kal több felvételt sikerült kimérnünk az előző évhez képest.

A mesterséges holdak élettartamának vizsgálatát több mint ezer holdra terjesztettük ki. A munka pontosabbá tételére az  $F_{10.7}$  fluxusnak nemcsak átlagértékeit, de napi ingadozásait is figyelembe vettük. Vizsgáltuk a holdak élettartamát a pálya excentricitásának függvényében is. A féléves effektusra és a holdak hatáskeresztmetszetére vonatkozó korrekciók figyelembevétele után is több esetben jelentősen eltérnek a számított értékek a megfigyeltéktől. Ez arra utal, hogy az élettartamra levezetett képleteink még nem kellő mértékben veszik figyelembe a felsőlégkörben lejátszódó változásokat. Minthogy módszerünk gépi időfelhasználása viszont kicsi, további korrekciók beiktatásával tömeges számításokra is felhasználható lesz.

A felsőlégköri fluktuációk vizsgálata során ún. „felesleges” maximumokat mutattunk ki korábban a sűrűségi görbéken. A jelenség magyarázatára felvetettük egy eddig ismeretlen, másodlagos fűtési mechanizmus létezésének lehetőségét. A kérdés tisztázására a sűrűségi görbékét hibaszűrőresnek és egy faktoranalízisnek vetjük alá.

Jelentős haladást értünk el a felsőlégkörnek a skálamagassággal történő vizsgálatában. Finomított eljárást dolgoztunk ki a skálamagasság meghatározására. Ennek alkalmazásával és 480 000 adat felhasználásával kb. 4 500 skálamagassági profilt számítottunk ki. Csak röviden számolhatunk be néhány eredményünkről. Ha a skálamagasság változását az idő függvényében ábrázoljuk, a görbék viszonylag nagy, 10 km-t is elérő, alapzajszerű ingadozásokat mutatnak, noha a profilpontok négyzetes középhibája általában 1 km körül van. A fluktuációk különböző magasságokban szimultán lépnek föl, így tényleges légköri változásokról van szó. E pulzációszerű változások amplitúdója általában nem függ a magasságtól (300–400 km között), s csak néhány esetben csökken a magassággal. Az említett változások mellett szembeszökő volt egy mintegy 12 km amplitúdójú szinuszjellegű változás, amely az egyre nagyobb magassághoz tartozó görbéken egyre nagyobb időeltolódással jelentkezett. A jelenség mintegy 12–16 napig tartott, de 380 km magasságban mintegy 4–5 nappal később kezdődött és végződött, mint 300 km-en. Formálisan tekintve egy, a nagyobb magasságok felé terjedő effektusról van szó, és a terjedés vertikális komponense mintegy 1 km/óra. Ez megegyezik az ebben a magasságban fellépő szelek vertikális sebességével. A jelenséget vizsgálva (helyi, szoláris idő függvényében nézve), arra a feltételezésre jutottunk, hogy lényegében a disszociá-



ciós-rekombinációs folyamatokban a napnyugta hatására bekövetkező „rendellenességekről” van szó. A skálamagasság végső fokon a hőmérséklet/közepes molekulasúly hányados változásait tükrözi. Amennyiben napnyugtakor a légköri összetevők koncentrációsökkenése fáziseltolódást mutat a hőmérsékletcsökkenéshez képest, akkor a megfigyelésekhez hasonló H-görbékét lehet előállítani. A „közönséges” pulzációszerű változásokat nem tudtuk kapcsolatba hozni más paraméterek változásaival. Azokban az időszakokban azonban, amikor a geomágneses tevékenység a közepesnél erősebb, a skálamagasság változásai szoros korrelációt mutatnak a  $K_p$  változásaival.

A *síkbeli háromtest probléma vizsgálatai* során korábban levezetett analitikus összefüggéseink segítségével kiszámítottuk, hogy a Nap—Jupiter—Apollo és a Nap—Jupiter—Vicia rendszerekben hogyan változnak a kisbolygók pályáinak jellemző paraméterei egy kb. 20 000 éves intervallumban. Eredményeinket a numerikus integrálási eredményekkel összevetve az egyezés az Apollo esetében kitűnő, míg a Vicia esetében — rezonáns effektusokkal magyarázható — kisebb eltérések adódtak.

### *Egyéb témák*

Új módszert dolgoztunk ki a  $Z_1$ ,  $Z_2$  töltések terében mozgó elektron tárgyalásából kapott eredményeink általánosításával a *héliumszerű ionok nemrelativisztikus tárgyalására*.

A Nap (és még néhány csillag) mágneses terének változását a *nem-szimmetrikus dinamóelmélet* magyarázhatja. Sikertült a mágneses tér felületi eloszlását jellemző harmonikus együtthatókat a sebességharmadrendű paraméterekre visszavezetni. A harmonikus együtthatókból néhányat az interplanetáris tér szektorátmeneteinek periodicitásából is meg lehetett határozni. A szektorok kialakulásában kvadrupólus hullámoknak is fontos szerepük van a dipólus hullámok mellett. Az előbbi a szuperpozíció fázisviszonyaitól függően időnként domináns lehet, és az interplanetáris mágneses tér négyszektoros szerkezetét alakítja ki.

*Kozmológiai modellcsaládot* dolgoztunk ki, amelyben a galaxishalmazoknál megfigyelt viriálexcesszus természetes magyarázatot talál. Az ehhez szükséges továbbfejlesztett relativisztikus dinamika és általánosított Riemann-geometria a részletes vizsgálatok szerint a Dirac által javasolt mértékelméleti megalapozású kozmológia alapfeltevéseiből adódik. Az új modellekben a viriálpárádixonnak és a természetben előforduló nagy, dimenziótlan számok koincideneciáinak közös oka van: a mikroszkopikus és makroszkopikus mérték szisztematikus eltérése.

*Nemzetközi kapcsolataink, kutatóink oktató és népszerűsítő tevékenysége, részvételük a tudományos közéletben*

Kutatóink számos hazai és nemzetközi rendezvényen vettek részt. A „Csillagok fizikája és fejlődése” multilaterális együttműködés szimpozionján Jerevánban (1979. május) Jankovics, Kanyó, Kun Mária, Oláh Katalin, Szabados és Szeidl vettek részt. A 6. és 7. alkomisszió ülésén (1979. április, illetve november) Balázs L., Kun Mária és Paparó Margit, illetve Kanyó és Virághalmy képviselték intézetünket. Az NDK-ban szervezett asztrofizikai továbbképzésen Patkós, a Varsóban rendezett nyári iskolán Barcza és Kovács vettek részt. Az Interkozmosz Kozmikus Fizikai Szakbizottsága 6. és 8. szekciójára közös tudományos ülésszakán (Moszkva, 1979. február) Both, Horváth és Ill, Állandó Bizottsági ülésén (Varsó, 1979. június) Ill képviselte intézetünket. A KAPG—2 szimpozionon Ashabadban (1979. szeptember) Csada volt jelen intézetünkben. Az említett többoldalú egyezmények rendezvényein kutatóink általában előadást is tartottak. Jankovics, Oláh Katalin és Szabados 1—1 hónapot dolgoztak a bjurakani Asztrofizikai Observatóriumban. Ill 3 hónapig volt kutató-vendége a Grasse-i francia űrkutatási intézetnek. Jankovics a OÖT ösztöndíjával a bécsi csillagvizsgálónál töltött 2 hónapot. Horváth 2 éves Keldis-ösztöndíját 1979. március végén fejezte be, és tért haza végleg Moszkvából. Rupp Erzsébet és Virághalmy látogatást tettek a Krími Observatóriumban, továbbá Rupp Erzsébet közel egy hónapot töltött Dubnában. Ösztöndíjas kutatóink előadást tartottak kutatásaikról a bjurakani intézetben, Moszkvában az Asztroszovjetnél, a Bécsi Csillagvizsgálóban és a Grasse-i intézetben. Balázs L. és Szeidl részt vettek a montreali IAU közgyűlésen (1979. augusztus). Szabados tagja lett az IAU-nak.

Kutatóink rendszeres előadói voltak a különböző hazai szemináriumoknak és rendezvényeknek. Ezek közül jelentősebbek voltak: az Ionoszféra-Magnetoszféra Fizikai Szeminárium (Tata, 1979. október 8—12.), a Doppler-szimpozion (Sopron, 1979. november 12—15.) és az ELFT Statisztikus Fizikai Szakcsoportja őszi iskolája (Szentendre, 1979. november 12—15.).

Ismét számos külföldi kutatót fogadtunk, akik közül többen hosszabb ideig dolgoztak intézetünkben. 1979 folyamán R. Russev (Bulgária), Z. Horsky és J. Ziznovszky (Csehszlovákia), K. Borkowski, J. Smolinski és K. Stepien (Lengyelország), D. Böhme, E. Penzel és S. Rössiger (NDK), T. K. Dáné és I. Predeanu (Románia), M. V. Gnyevisev, I. Jankovszkaja, L. M. Karamjan, V. G. Karetnyikov, B. Kugaenko, Ju. N. Medvegyev és Ju. Vorosilov (Szovjetunió), A. Schnell, és J. Meurers (Ausztria), M. Breger és D. S. Hall (Egyesült Államok), H. M. Mahdy

(Egyiptom) és M. Takeuti (Japán) látogatták meg intézetünket. Többen közülük előadást is tartottak az intézeti szemináriumon.

Több kutatónk rendszeresen előadást tartott az ELTE-n és a JATE-n. Paparó Margit megvédte egyetemi doktori értekezését az ELTE-n. Az intézet munkatársai számos bemutatást tartottak, és aktív népszerűsítő munkájukat főleg a TIT keretein belül végezték.

#### *Kutatóink fontosabb közleményei*

Barcza Sz.: *Restricted quantum-mechanical three-body problems I. One moving electron in the field of two Coulombic ions which are fixed in space*, *Astrophysics and Space Science* **66**, 287—307.

Jankovics I.: *Flare stars in Orion*, I.B.V.S. No. 1629.

Jankovics I. (T.: Kelemen J.): *Flare star observations in the Pleiades region*, I.B.V.S. No. 1696.

Jankovics I. (T.: G. B. Oganjan, SZU): *Flare star observations in the Pleiades region*, I.B.V.S. No. 1626.

Jankovics I. (T.: H. Chavusjan, N. Melikjan, SZU): *Flare star observations in the Praesepe region*, I.B.V.S. No. 1627.

Kovács G. (T.: Vető B.): *Observations of two low-amplitude Delta Scuti stars: HD 23156 and HD 73763*, I.B.V.S. No. 1592.

Kovács G. és Szabados L.: *BD +4°4009, a new bright cepheid variable*, I.B.V.S. No. 1719.

Kovács G.: *A gyorsfotometria eredményei*, *Csillagászati Évkönyv 1980*, 222—239.

Lovas M.: *Supernova in Anonymous Galaxy*, I.B.V.S. No. 1561.

Lovas M. (T.: R. G. Mnatsakanian, A. V. Oskanian, SZU): *On the frequency of supernovae*, *Astrofizika* **15**, 413—422.

Oláh K.: *On the light variation of HD 209813 = HK Lac*, I.B.V.S. No. 1717.

Oláh K. (T.: R. Russev, Bulgária): *On the variability of the red giant v.Z. 238 = No. 138 in M3*, I.B.V.S. No. 1656.

Paál Gy.: *Some comments of observational tests of the expansion of the Universe* (hozzászólás Pecker összefoglaló előadásához), *Proc. IAU Coll No. 37 = CNRS Coll. No. 263*, p. 476.

Paál Gy.: *Kozmológiai megfigyelések, a „Téridő, gravitáció és relativitás-elmélet” c. KFKI kiadványban*, 204—225.

Paparó M.: *A nyílthalmazok szerkezete*, *Csillagászati Évkönyv 1980*, 240—257.

Patkós L.: *Photoelectric minima of eclipsing variables*, I.B.V.S. No. 1751.

Szabados L.: *Variability of V1165 Aql is questioned*, I.B.V.S. No. 1667.

Szabados L. (T.: Juresik H.): *Period increase in FG Sge*, I.B.V.S. No. 1722.

- Szeidl B.: *Bemerkungen über Zwergcepheiden*, Mitteilungen der Astronomischen Gesellschaft Nr. 45, s. 47—49.
- Szeidl B.: *RR Lyrae variables*, Reports on Astronomy, Trans. IAU. vol. XVIIIA part 2 pp. 124—126.
- Szeidl B.: *Radial-velocity variations of DY Herculis*, I.B.V.S. No. 1718.
- Szeidl B. (T.: H. A. Mahdy, Egyiptom): *Period changes of dwarf cepheids I. CY Aqr, EH Lib and DY Peg*, MTA Csillagvizsgáló Intézet közleményei Nr. 74.
- Virághalmy G.: *Controle d'un systeme telescope-photometre par CAMAC*, Proceedings ESO/SRC Conference on Applications of CAMAC to Astronomy pp. 224—226.



## A KOZMIKUS GEODÉZIAI OBSZERVATÓRIUM MŰKÖDÉSE AZ 1978—1979-ES ÉVEKBEN

A Földmérési Intézet penci obszervatóriuma alapításának és kezdeti éveinek rövid története megtalálható a Csillagászati Évkönyv 1977. és 1979. évi köteteiben. Az elmúlt két évben a lényegében változatlan összetételű kutatógárda egyre bővülő programot hajtott végre a kozmikus geodézián kívül a távérzékelés, a stelláris háromszögelés és bizonyos geodéziai alapmunkák területén.

Az obszervatóriumhoz 1980. február 1-én 28 dolgozó tartozott, ezek közül a kutatók száma 15. A szervezeti felépítés ugyancsak változatlan, három osztály és a távérzékeléssel végrehajtott erőforráskutatás négyfőnyi részlege alkotja az obszervatóriumot. (Ezen utóbbi részleg osztálylá szerveződése és bővülése folyamatban van.)

### A megfigyelési technika fejlesztése, megfigyelési eredmények

#### *Optikai módszerek*

A mesterséges holdak fotografikus megfigyelésére szolgáló távcsöveinkkel (AFU—75 és SBG) az elmúlt években főképp speciális programokat hajtottunk végre. Egyrészt szükség volt az SBG-távcsőre a nagyobb értéket képviselő, lézeres megfigyelésekhez, másrészt világszerte csökkent a nemzetközi programok fotografikus észlelésigénye. 1978-ban öt holdról 159 kiértékelhető felvétel készült; 60 db penci, továbbá 26 db bajai műholdfelvétel adatait feldolgoztuk, eredményeit elhelyeztük a KGO számítógépes adatbankjában. 1979-ben nemzetközi programok keretében 96 db használható felvétel gyűlt össze, a kimért és feldolgozott penci fotografikus felvételek száma 200. Minthogy a fotografikus megfigyelések értékét jelentősen növeli, ha az iránymegfigyeléssel egyidejűleg lézeres távolságmérés, vagy doppleres sebességmérés is történik, az elmúlt két évben megkezdődtek a párhuzamos mérési programok. A lézerrel rendszeresen észlelt Geos—3 holdról 23, a halvány Doppler-



holdakról 14 értékelhető felvétel készült 1979-ben. Mivel az NNSS Doppler-holdak pályáját nagy pontossággal ismerjük rádióadásukból, mely a legfrissebb pályaadatokat is tartalmazza, a Doppler-holdra vonatkozó fotografikus megfigyelésből mód van a megfigyelőállomás geocentrikus helyzetének levezetésére.

E javaslatunk alátámasztására 1979-ben a KGO HP 9830 típusú számítógépére program készült, és levezettük Penc geocentrikus koordinátáit a Doppler-megfigyelésekkel egyidejű AFU felvételeinkből. Az eredmény kielégítő pontosságúnak bizonyult, ezért javasoltuk a módszer bevezetését az Interkozmosz együttműködés keretében.

Szovjet, cseh, lengyel, NDK fotografikus műholdmegfigyelő állomások csatlakoztak a „FOTODOPPLER-program” néven beindított kampányhoz 1979 októberében. A KGO telexen továbbította az előrejelzéseket a programban részt vevő állomásoknak. A kampány során több helyen sikerült a halvány Doppler-holdak fotografikus megfigyelése, s az eredmények feldolgozása folyamatban van. Várható, hogy a következő évek hasonló kampányaival rendre sikerül meghatározni a szocialista országok optikai műholdkövető állomásainak koordinátáit — Doppler-berendezés nélkül is — a Doppler-holdak koordinátarendszerében.

Hasonló módon lehetséges valamely optikai megfigyelőállomás koordinátáinak levezetése geodéziai holdak egyidejű fotografikus és lézeres megfigyeléséből, melyek együttesen az állomásról a holdra mutató vektort adják. Felhasználva a geodéziai holdakra vonatkozó igen pontos SAO előrejelzéseket, program készült, mely az egyidejű fotografikus és lézeres megfigyelések alapján javítja a pályaelemeket. A javított pálya már elég pontos ahhoz, hogy valamely más állomásnak ugyanezen holdra történő lézeres méréséből az állomás koordinátáit meghatározzuk, illetve javítsuk. A feldolgozó programok a KGO-ban készülnek.

Több évi műszaki fejlesztő munka eredményeképp 1979-ben már rutinszerűen működött a KGO Interkozmosz-lézere az SBG-távcsövön. Legfontosabb eredmény, hogy 2600 km-es távolságig sikerült biztosítani a mérések 50—60 cm-nél nem nagyobb középhibáját. A bonyolult elektronikus rendszer megbízhatóan működik. 1979-ben a Geos—1 és Geos—3 holdak 27 vonulását észleltük, ezek során 279 sikeres mérés történt. Mind az előrejelző, mind a feldolgozó program a KGO-ban készült. Problémát jelent, hogy a viszonylag kis hatótávolság miatt kevés a geodéziai holdak megfigyelhető átvonulása. Célunk a rendszer továbbfejlesztése, egyrészt a kibocsátott impulzus hosszának csökkentésével, másrészt az észlelő elektronika érzékenységeinek növelésével, hogy a távolabbi holdak (Starlette, Lageos) és a nappali vonulások is észlelhetők legyenek.

Az optikai megfigyelő rendszerek fontos részét képezi a KGO időszolgálat, mely évek óta megbízhatóan 0,0001 másodpercnél pontosabb időhozzárendelést biztosít. Alapja egy XSRR atomóra és egy CAQA kvarcóra, melyek ellenőrzését VLF és TV összehasonlítási eljárásokkal, illetve utazó órával oldottuk meg. Az időpont rögzítése, illetve javítása automatikusan történik. Az optikai megfigyelések korszerű tárolását a KGO számítógépes adatbázisa biztosítja a SzTAKI CDC számítógépén. Az adatbázis nemcsak az obszervatórium valamennyi megfigyelését tartalmazza, hanem a szocialista országok 19 állomásáról beérkezett és az adatbázisba gyűjtött fotografikus és lézeres eredményeket is. A tárolt megfigyelések száma meghaladja a harmincezeret.

Az 1978-as évben végrehajtott első stelláris háromszögelési kísérlet speciális optikai megfigyeléseket kívánt. E méréssorozat céljáról és eredményeiről Németh Zsuzsanna számol be „Stelláris háromszögelés” c. cikkében (lásd 250. oldal).

### *Rádiós módszerek*

A KGO 1978-ban beszerzett JMR—1 típusú Doppler-vevője az elmúlt időszakban szinte megszakítás nélkül, éjjel-nappal üzemelt. Egyik fő feladata az obszervatórium koordinátáinak folyamatos meghatározása egyrészt kalibrálás, másrészt a lassú változások kimutatása céljából. Emellett több magyar és külföldi állomáson működött, ahol sor került a geocentrikus koordináták meghatározására (Potsdam, Drezda, Baja, Balatonfűzfő stb.), és részt vett nemzetközi programokban is. 1978-ban 1400, 1979-ben pedig több mint 2000 átvonulást regisztrált, melyek feldolgozása folyamatosan megtörtént. Időközben a Budapesti Műszaki Egyetem és az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete szintén beszerzett egy közös Doppler-vevőt, mellyel közös megfigyelési programok kezdődtek.

Ugyancsak közös megfigyelési programok folytak a grazi Műszaki Egyetem Doppler-vevőjével és egy NSZK-beli Doppler-vevővel, az NSZK és Ausztria DÜDOC megfigyelési programjához csatlakozva. E megfigyelések együttes feldolgozása (Grazban) korszerű transzlokációs és multilokációs programmal a KGO koordinátáinak minden korábbinál pontosabb meghatározását eredményezte az egységes világrendszerben (a hiba 1 m-nél kisebb). A feldolgozásban a KGO egyik munkatársa is részt vett. A mérések megismétlésére 1979-ben került sor, a feldolgozás folyamatban van.

Az európai Doppler-állomások összemérése érdekében Ausztria részéről kezdeményezett WEDOC megfigyelési program végrehajtására 1980-ban került sor. A szocialista országok részvételét a programban az Inter-

kozmosz részéről a KGO koordinálta. Ugyancsak a KGO szervezi a szocialista országok önálló programjait a Doppler-geodézia területén.

A Doppler-mérések ugyancsak számítógépes adatbankba kerülnek.

Említést érdemel még, hogy finn—lengyel együttműködésben a KGO Doppler-berendezése részt vett egy nemzetközi programban is, melynek célja az ionosféra teljes elektron tartalmának meghatározása rádiós megfigyelésekből. A vevő differenciális Doppler-jelének analóg regisztrálása az Obszervatóriumban, feldolgozása az oului egyetemen (Finnország) történt.

### Kutatás és műszaki fejlesztés

1978-ban öt, 1979-ben tíz kutatási beszámoló készült, melyek közül többet nemzetközi fórumon is bemutattunk. Ezek mintegy fele már az erőforráskutatási témából íródott. 1978-ban befejeződött a moszkvai Csilágászati Tanácsnál az a kutatás, melynek célja volt az obszervatórium bekapcsolása egy kozmikus geodéziai világhálózatba. Munkatársunk Moszkvában a rendelkezésre álló pencsi fotografikus felvételek alapján geometriai és féldinamikai módszerrel levezette az állomás közelítő koordinátáit.

Tovább folytatódott az NDK potsdami Földfizikai Intézetétől kapott dinamikai feldolgozó program adaptációja és fejlesztése (SATORBIT). A legjelentősebb programfejlesztés a doppleres megfigyelések feldolgozásának pontosabbá tétele érdekében folyt az obszervatóriumban. A vásárolt SP—6 programot javítottuk, tökéletesítettük és több számítógépre adaptáltuk. Sikerült hozzájutni a világszerte ismert GEODOP programrendszerhez, amely több állomás Doppler-megfigyeléseinek együttes, multilokációs feldolgozására is alkalmas. A programrendszer adaptálása az ÁSzSz HwB 66/60 típusú számítógépére folyamatban van. Ugyanerre a számítógépre kandidátusi disszertáció keretében elkészült egy önálló, magyar, rövidpályaíves feldolgozó program (SADOSA), amely 15 állomás Doppler-méréseinek együttes feldolgozását is képes elvégezni. A program kipróbálása folyik. A tervek szerint 1980-ban végrehajtott nyugat—kelet Doppler-megfigyelési kampány (WEDOC) feldolgozását a KGO már ezen programokkal végezné.

### Egyéb geodéziai munkák

1978-ban befejeződött a hosszúsági főalappont áthelyezése a Szabadság-hegyről Pencre. 1979-ben további fontos geodéziai alappal bővült a KGO: finn közreműködéssel alapvonalhálózat létesült az obszervatórium terü-



letén. Az alapvonalhálózat egyes szakaszait a Finn Geodéziai Intézet igen pontos mekométerével mérték le, a hiba nem éri el a mm-t sem. Ezen a hálózaton hitelesítik az ország távmérőit mérések előtt és után.

1979 végén kezdte meg működését az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet árapály-regisztráló gravimétere a főépület szerelőszintjén kialakított mérőszobában. A berendezés nagy pontossággal mutatja a földkéreg függőleges irányú ingadozását, az árapály jelenséget.

### Erőforráskutatás távérzékeléssel

1979-ben döntő lépés történt az erőforráskutatás területén az űrfelvételek és légifényképek hazai hasznosítása érdekében. A kis pengi részleg megbízást kapott egy Interkozmosz program szervezésére, melynek keretében május hó folyamán csaknem egyidejű speciális felvételek készültek három kiválasztott teszterületről, öt különböző magassági szintről. A Szaljut—6 űrállomás űrhajósai az MKF—6 hatsatornás fényképezőgéppel fényképeztek, a szovjet Tudományos Akadémia speciális AN—30 repülőgépe ugyanezzel a fényképezőgéppel, de 7000 m magasságból dolgozott, ugyanakkor a magyar AN—2 légifényképező repülőgép 2000 m körüli magasságból infravörös és színes felvételeket készített a tesztmezőkről. Ezzel egyidejűleg helikopterről hőképek is készültek. A KGO dolgozói a három teszterületen jeleket helyeztek ki és felszíni méréseket hajtottak végre (talajhőmérséklet, talajnedvesség mérése stb.). Ugyanakkor a szovjet Kaszpi terepi mérőkocsi is speciális vizsgálatokat folytatott a teszterületeken. A megfigyelési kampány kedvező időjárás mellett zajlott le, és több ezer felvételt eredményezett, melyek rendezése és értékelése több együttműködő intézménnyel együtt folyamatban van.

A beszerzett Landsat űrfelvételek térképészeti alkalmazásának vizsgálata biztató eredményekre vezetett. Jelentős előrelépés történt a felvételek digitális, számítógépes értékelése szempontjából, olyan programok készültek az ÁSzSz számítógépére, amelyek a mágnesszalagon tárolt űrfelvételek megjelenítésére és elemzésére is alkalmasak. A több sávban készített felvételek összemásolása és színes megjelenítése fontos követelménnyé vált. 1979 végén az Interkozmosz Tanács beszerzett az erőforráskutató feladatokhoz egy korszerű amerikai képdigitalizáló, -feldolgozó és -megjelenítő berendezést (OPTRONICS Colormation), amellyel a részleg megkezdheti ezt a munkát is. Ugyanakkor folytatódik a feldolgozást végző számítógépi programok készítése és tökéletesítése.

## Nemzetközi kapcsolatok, beszerzések

A beszámolási időszakban a Doppler-vevőn és a Colormation berendezésen kívüül jelentősebb műszerberuházás nem történt. Plotterrel és kazettamemóriával fejlesztettük HP asztali számítógépünket. A lézer-rendszerhez oszcilloszkóp fényképezőgépet, optikai pad tartozékokat és egy oszcilloszkópot szereztünk be. Folyamatban van a lézer teljesítményét fokozó elektronikus egységek beszerzése.

Az Observatórium nemzetközi kapcsolatai kielégítőek. 1978-ban előadással is részt vettünk a Lagonissiben (Görögország) megrendezett nemzetközi kozmikus geodéziai szimpozionon és munkaértekezleten. Az 1978 őszén Olsztynban (Lengyelország) megrendezett Interkozmosz konferencián a KGO öt munkatársa szerepelt négy előadással. Részt vettünk az Interkozmosz lézer—radar munkabizottság, stelláris háromszögelési munkabizottság, geodinamikai munkabizottság, valamint a 6. szekció vezetősége ülésén. 1979-ben Sopronban nemzetközi szemináriumot rendeztek a Doppler-geodézia kérdéseiről, ezen hat előadás hangzott el a KGO eredményeiről.

Kardos István 1979-ben két hónapig Franciaországban, a CERGA obszervatóriumában dolgozott. Rövidebb tanulmányutakon járt dr. Fehjes István az NSZK-ban, Hajós Tamás Ausztriában, dr. Czobor Árpád Finnországban, Csató Éva és Büttner György a Szovjetunióban. Dr. Almár Iván részt vett az IAF dubrovniki és müncheni kongresszusain.

Több külföldi vendég kereste fel az obszervatóriumot, közülük a stelláris háromszögelésben részt vevő NDK és az erőforráskutatási programban közreműködő szovjet csoport töltött hosszabb időt Magyarországon. Helsinkiből Ojanen, Potsdamból Dietrich és Kahmann kollégák tanulmányozták a KGO berendezéseit és módszereit.

A beszámolási időszakban Mihály Szabolcs benyújtotta kandidátusi értekezését, dr. Ádám József 1980-ban levelező aspiráns lett. Az obszervatórium fennállása óta rendszeresen, minden kedden sor kerül a továbbképzést szolgáló szakmai teák megrendezésére.



## TIT BUDAPESTI PLANETÁRIUM ÉS URÁNIA BEMUTATÓ CSILLAGVIZSGÁLÓ AZ 1979. ÉVBEN

### TIT Budapesti Planetárium

#### *Műsorok*

A Budapesti Planetáriumban a közönség igen gazdag programot kap: negyedévenként 6—8 műsor közül válogathat. Ha ehhez hozzászámítjuk az iskolásoknak szóló háromféle oktató műsort, azt mondhatjuk, hogy a program világviszonylatban is szokatlanul változatos.

A 45—60 perces délutáni-esti nagyközönségi műsoraink nagy részét időnként felújítjuk, technikailag is tökéletesítjük. 1979 folyamán kevesebb új műsor készült mint az előző évben, de több régi, kedvelt műsort teljesen átdolgoztunk.

A Magyarország csillagos égboltja című rövidített műsorunkat az eddig elkészült német, angol és eszperantó nyelven kívül még orosz nyelvre is átdolgoztuk.

A beszámolási év főbb nagyközönségi műsorai az alábbiak voltak:

- I. negyedévben: *A betlehemi csillag* (január első felében), *Helyünk a Világegyetemben*; *Verne és a csillagászat*;
- II. negyedévben: *Idegen égboltok*, *Sorsunk és a csillagok*, *Úrkutatás —űrhajózás*;
- III. negyedévben: *Földünk bolygótestvérei*, *Hazánk csillagos égboltja*, *Idegen égboltok*;
- IV. negyedévben: *Kalandozás az égbolton*, *Helyünk a Világegyetemben*, *A betlehemi csillag* (decemberben).

Igen kedvelt volt *Úrkutatás-űrhajózás* című műsorunk, amelyet Sajó Péter, a Planetárium műszaki csoportvezetője állított össze. Új műsorunk volt a Csaba György által készített *Kalandozás az égbolton* című látványos program, amely jól kiaknázza a Zeiss-műszerben rejlő lehetőségeket. Nemcsak új, hanem új típusú műsorunk is *A Nap családja*, amelyet a 6—12 éves gyermekek számára állított össze Schalk Gyula. A műsor szövegrészét hét színész mondja, illetve meséli el a kicsiknek. A műsort első ízben május 27-én, a Gyermeknapon mutattuk be.

Műsoraink szövegeit minden esetben ellenőriztettük a Planetárium Tanács három-három tagjával, továbbá az év második felétől a TIT

apparátusvezetés tagjaiból alakult öttagú bizottsággal. Igen érdekesek és hasznosak voltak a bemutatók után rendezett konzultációk és a kialakult viták.

Az iskolai műsorok közül az addig csak az általános iskolák 8. osztályosai számára adott műsorainkat úgy módosítottuk, hogy ezekre az előadásokra a középiskolák I—II. osztályosai is jelentkezhetnek.

### *Látogatottság*

Az 1979. év volt a Planetárium életének második teljes éve. A világ nagyplanetáriumai jó részének tanúsága szerint az első év után, az újdonság elmúltával a közönség érdeklődése fokozatosan csökken, és a látogatók száma pár év után egy alacsonyabb, viszonylag állandó szintre áll be.

Az első teljes — 1978-as — év forgalma a mi planetáriumunkban nem érte el a várt 200 ezres számot: 914 előadáson összesen 174 107 látogatónk volt, ami a terem kihasználtságában 52%-ot jelent. Az 1979-es évre a kitűzött cél a 60% elérése, sőt lehetőleg túlhaladása volt. A látogatók létszáma 1979-ben (901 előadáson) 212 221 volt, vagyis teremkihasználtságban valamivel több mint 63%.

A mindenképpen szép eredménynek több összetevője van. Kétségtelenül nagy a szerepe sokirányú propagandánknak is, de a legjobb propaganda a jó műsor, tehát hogy a közönség érdemesnek tartsa további látogatásokat is tenni a Planetáriumba.

Az 1978 végén megejtett közvéleménykutatás egyik legérdekesebb eredménye az volt, hogy látogatóinknak mintegy fele legalább két műsort tekintett meg. Ennek nyilvánvaló oka csak az lehet, hogy a műsorok megnyerték a közönség tetszését, és a látogatók legalább fele érdemesnek tartotta, hogy másodszor — sőt tizenegyszer(!) — is visszatérjen a műsorokat megtekinteni.

Az 1978-ashoz képest mintegy 22%-kal megnövekedett számú látogatók áramlása jóval egyenletesebb lett az előző évinél: nem a hétvégi zsúfoltságot növelte, hanem megoszlott a hét napjai között. Ezért nem jelentett lényegesen nagyobb megterhelést a Planetárium közönségkiszolgáló személyzetének.

### *Szervező- és propagandamunka*

Továbbra is alkalmaztuk a propaganda eddig is bevált módszereit. A Magyar Rádió „A mai nap kulturális programjából” című reggeli műsorszámában a Planetárium minden előadását és azok kezdési időpontját ismerteti. A Pesti Műsor hetenként közli műsorrendünket. A havi műsort a Ferenc körút — Üllői út kereszteződésében levő aluljáróban elhelyezett

üvegvitrinben láthatja a közönség — a Planetárium makettje társaságában. Időszakonként több száz, nagy méretű, színes, dekoratív utcai plakátunk kerül kiragasztásra. Negyedéves műsorfüzetünk 20 ezres példányszámban jut a nagyközönséghez. 1980-ra — az új plakáttal azonos rajzolatú — kártyanaptárt nyomattunk ki 50 ezer példányban, amelyet az év elején minden jegy mellé ajándékolunk.

A legnagyobb hatású propagandaeszközünk azonban a televíziós adásokra a Magyar Hirdetőnél készítettett rövid ismertető film a Planetáriumról. Nyilvánvaló, hogy ez az információ a legszélesebb körű, ez jut el a közönség legtávolabbi részeihez. A reklámfilmeket olyan napokon és évszakokban játszadjuk be, hogy hatására ne a hétvégi zsúfoltság növekedjék, és a kevésbé látogatott hónapokban is legyen elegendő látogató. Jórészt ennek tudható be az egyenletesebb közönségáramlás műsorainkra.

### *Műszaki fejlesztés*

A Planetárium főműszerének és műszaki felszerelésének karbantartását a júliusi nyári szünet alkalmával végzi a Planetárium műszaki gárdája. Sikertelenül megszüntetni a bolygók mozgásában addig tapasztalt, meglehetősen zavaró ugrálásokat, amelyeket mechanikus feszültségek okoztak.

Az év második felében készült el a Zeiss vezérlőpult két oldalrészének meghosszabbítása. Jobbra hatsatornás elosztó került beépítésre, amelynek segítségével tetszés szerinti csoportosításban szólaltathatók meg a kupola mögé épített hangfalak és hangszórók. A bal oldal zárt helyére egy 16 mm-es filmvetítőt építettünk be.

A kupola négy fő irányának felezőjébe, a horizont fölötti 30—30°-os magasságba szereltük be a 4 db újonnan beszerezett, HOX—12 típusú, 100 W-os hangfalat, amely már a kvadrofón hangosításra is lehetőséget ad. Részben erre gondolva szereztünk be egy négycsatornás, GX—270-D típusú magnetofont is, átérezve a korszerű hangosítási módszerek hatásosságát és fontos voltát.

A Zeiss-főműszer lehetőségein túl a műsorok olykor olyan vetítők és más segédberendezések használatát kívánják meg, amelyeket a műszer nem tartalmaz. Ilyen esetben a planetáriumok többnyire maguk terveznek és állítanak elő a házi műhelyben külön projektorokat és felszerelési tárgyakat. A beszámolás évében készült el a csillagfejlődést bemutató berendezés, amelyet a nap- és holdfogyatkozás vetítőjére lehet szerelni.

Az 1978. évi prágai látogatás egyik eredményeként az ottani házi készítésű projektor elve alapján Sajó Péter tervezett és kivitelezett egy mozgó tükrös vetítőt, amelyben két motorral mozgatott siktükör segítségével, egy kézi vezérlőtábla gombjaival a planetárium kupoláján



bárhová ki lehet vetíteni egy képet, illetve azt bármilyen mozgással továbbítani lehet.

Terveinkben házi körpanorámaképek készítése is szerepel, melyek segítségével igen nagymértékben lehetne fokozni a műsorok hatásosságát.

### *Planetárium Tanács*

A Planetárium működésének elvi irányítását a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat a Planetárium Tanács útján végzi. Ez a választmány jogú társadalmi testület az ismeretterjesztésben nagy gyakorlatot szerzett szakcsillagászokon kívül az illetékes minisztériumok, a hírközlő szervek, a Néphadsereg, az irodalom, a zene stb. képviselőit tömöríti. Elnöke dr. Almár Iván, a KGO igazgatója.

A Tanács már eddig is több fontos tennivalót körvonalazott és intézkedést hozott. Ezek közé tartozik az is, hogy minden új planetáriumi műsor szövegét a bemutatás előtt legalább három tanácstagnak kell felülbírálnia és jóváhagynia. Az így véglegesített szöveg hűségét a mágneszalagra rögzítés biztosítja.

A beszámolás évében a Tanács — a vezetői üléseken kívül — három plenáris ülést tartott. Ez évben vált gyakorlattá, hogy a plenáris ülések alkalmával sor kerül egy új műsor bemutatására vagy egy átalakítandó műsor átdolgozási szempontjainak megvitatására.

Bár a Tanács eddigi tevékenysége nagyban hozzájárult a Planetárium sikeres működéséhez, érzésünk szerint a kiváló szakértőkből és tanácsadókból álló testület aktivitása még elmaradt a várhatótól.

### *Külföldi kapcsolatok*

A beszámolás évében is sok külföldi vendég kereste fel — részben hivatalosan — a Planetáriumot (finn, egyiptomi, jugoszláv, szovjet, osztrák, NDK-beli, csehszlovák, mongol, francia, NSZK-beli, japán stb.), köztük a kairói planetárium igazgatója, a bochumi (NSZK) és a bécsi planetárium munkatársa.

Igen sok tapasztalatot szerzett Ponori Thewrewk Aurél igazgató és Sajó Péter műszaki vezető az 1979. október 29. és november 3. között az NSZK-ba tett tanulmányútján. Az egyik cél a stuttgarti planetárium meglátogatása, felszerelésének, műsorainak és közönségszervezésének tanulmányozása volt. A budapestivel csaknem egyidős (1977 áprilisában nyílt) planetárium nyugati Zeiss-műszerrel felszerelt, modern épülete a lépcsős maja piramisokra emlékeztet, és igen célszerű elrendezéssel, betonból és üvegből építették. A műszer maga mágneses hangszalag-vezérlésű, tehát automatikusan végzi a műsor közben a kapcsolásokat. Itt lát-

tunk olyan képtorzító felvevő — fényképezőgép-állványzatot, amelynek segítségével előre megrajzolt, megfestett panorámaképeket lehet készíteni házilag.

A másik cél a müncheni Deutsches Museum meglátogatása volt. Az ott működő planetárium technikailag nem érdemel említést, azonban a páratlanul gazdag gyűjteményben különösen a rakétatechnika történetét bemutató kiállítás volt számunkra érdekes.

Tanulságos és hasznos volt az 1979. november 26—30. között tett moszkvai látogatás is. Ponori Thewrewk Aurél igazgató és Schalk Gyula munkatárs ekkor tett eleget a nagy múltú Moszkvai Planetárium fennállása 50. évfordulójára rendezett ünnepségre szóló meghívásnak.

Az ünnepségen igen sok szovjet és számos népi demokratikus ország planetáriumának képviselői — többnyire vezetői — vettek részt. A nemrég felújított, jubiláló planetárium főműszere a mienkre hasonlít, de lyukszalag-vezérlésű, tehát automatikus üzemmódban is használható. A bemutatott műsorok alkalmával ízelítőt kaptunk a planetárium hosszú fennállása alatt kialakított gazdag segédberendezés-parkjáról, amellyel hathatósan tudja gazdagítani, színesíteni a műsorait.

A külszági utak nemcsak közvetlen előnyt jelentenek planetáriumunk és műsoraink számára,

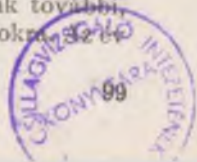
### *Személyi ügyek*

Az év folyamán végre teljes lett a munkatársi állomány: kaptunk státuszt és bérkeretet egy előadó munkatárs számára. Így került a Planetárium állományába Ehmann Péter, csillagász végzettségű gépészmérnök. Remélhető, hogy többoldalúságával sok szép eredményt hoz a Planetárium számára.

### *Egyéb ügyek*

1979 volt a Nemzetközi Gyermekev. Ennek keretében készült *első gyermekműsorunk*, „A Nap családja”. Ennek bemutatójára a Gyermeknapon, május 27-én került sor. Két előadáson ingyen vehettek részt a gyermekek és kísérőik.

Erre az alkalomra elkértük és megkaptuk a tatabányai Újvárosi Klubkönyvtárban működő rajz-szakkör által készített gyermekrajzokat — helyesebben tempera- és akvarell-festményeket —, amelyek egy része a szakkör tagjainak a Planetáriumban tett látogatásának benyomásait örökítette meg. A *gyermekrajz-kiállítás* a nyári szünetig díszítette a köröcsarnok falát. A kiállítással egyidőben pályázatot hirdettünk tovább, a planetáriumban szerzett élményeket feldolgozó gyermekrajzokra.





végéig összegyűlt sok rajz és festmény elbírálását megnehezítette az is, hogy a kis művészek kora 6 és 14 év között változott, vagyis az általános iskola minden korosztálya képviseltette magát.

Az ünnepélyes eredményhirdetésre 1979. december 6-án került sor. Az első díjat — megosztva — Kálmán Tünde és Orcsik Judit kapta. Ők és a helyezést elért tanulók többsége a Szlávikné Györfy Klára tanárnő által vezetett tatabányai Újvárosi Klubkönyvtár rajz-szakkörének tagjai.

A Magyar Bélyeggyűjtők Országos Szövetsége állandósult *bélyegkiállítást* mutat be a Planetárium körcsarnokában csillagásztörténeti—űrkutatási témakörből. A beszámolás évében dr. Fejéregyházi Sándor és Hajdú Sándor értékes gyűjteményét láthatták a Planetáriumba látogatók.

1979-ben indult meg a Planetáriumban a *Fény-zene Klub* műsorainak sorozata. Minden hó első hétfőjén, a planetáriumi műsorok után került sor olyan fény-zenei programokra, amelyek teljes mértékben kihasználták a kupolaterem különleges adottságait. A Rihmer Oszkár vezette Klub filmeket, képzőművészeti alkotásokat, diasorozatokat mutatott be, és a kupolán lézersugarakat is megjelenített — természetesen mindezt megfelelő zene és más hanghatások kíséretében. E nem-planetáriumi műsorok iránt oly meglepően nagy volt az érdeklődés, hogy kiszélesítésükre gondolunk.

## TIT Uránia Csillagvizsgáló

### Közönségfogadás

Az Uránia Csillagvizsgáló fő feladatának tekinthető egyéni és csoportos látogatók fogadásában jelentős emelkedést könyvelhetünk el. A beszámolási időszakban 238 jelentőlap bizonyítja, hogy az intézményt rendszeresen felkeresik az iskolai csoportok, a szocialista brigádok és az egyéni látogatók egyaránt. A beszámolási időszakban a már hagyománnyá vált *csütörtöki előadássorozatok* programjai:

tavasszal: Zombori Ottó: *Az extragalaxisok világa*; Kelemen János: *Jövők a Univerzumban*; Schalk Gyula: *Világegyetem, élet, értelem*; Dr. Kulin György: *Utazás a csillagokba?*; Szüle Dénes: *Űrkutatás tegnap, ma, holnap*; Szentesi György: *Szojuz, Szaljut, Progressz*; Baj Attila: *Az Interkozmosz program*; Dr. Almár Iván: *Az űrkutatás legfontosabb célpontja: a Föld*; Szemerey István: *Hazánk és az űrtechnika*

ősszel: Zombori Ottó: *Ember a Holdon, 1969—1979*; Kelemen János: *Felhők a csillagok között*; Hédervári Péter: *A Voyager-prog-*

ram eddigi eredményei; Dr. Marik Miklós: *Gondolatok egy napfoltmaximum előtt (után?)*; Dr. Horváth András: *Úrkutatás 1979-ben*; Ponor Thewrewk Aurél: *Új felfedezések a Naprendszerben*; Torma Tibor: *Milyen lehet egy kvazár belülről?*; Taracsák Gábor: *A modern csillagászat; A csillagászat és a földtudományok* (találkozás a Föld és Ég szerkesztőivel).

Az Urániában működő csillagászati szakkörökkel, valamint az Uránia munkatársai kezdeményezésére indított „Bevezetés a csillagászatba” és a „Csillagászati gyakorlatok” c. sorozatokkal sikerült minden korosztálybeli — általános iskolás, középiskolás, felnőtt — érdeklődőt kielégíteni. A sorozatokat és a szakköröket az Uránia munkatársai vezették.

Május és október hónap közötti időszakban folytattuk a nappali és esti bemutatókat az Uránia Csillagvizsgáló citadellai részlegében felállított panoráma távcsövekkel. A citadellai részlegben, valamint az Urániában az év folyamán mintegy 40 ezer embernek tartottunk bemutatót.

#### *A Csillagászat Baráti Köre vezetése*

A Csillagászat Baráti Köre taglétszáma — a megyékben működő baráti körí ügyintézők jelentése alapján — az 1979. év végére meghaladta az 5100 főt:

Budapest	1220 fő	Komárom	264 fő
Baranya	267	Nógrád	105
Bács	224	Pest	326
Békés	202	Somogy	67
Borsod	385	Szabolcs	230
Csongrád	172	Szolnok	283
Fejér	273	Tolna	66
Győr	168	Vas	77
Hajdú	195	Veszprém	197
Heves	279	Zala	105

---

Összesen: 5102 fő

A Csillagászat Baráti Köre 1976-os decentralizálása után fokozatosan erősödtek meg a Baráti Körök megyei szervezetei, és az 1979. év folyamán több újszerű kezdeményezésnek is helyet adtak a bevált hagyományos formák mellett. Baráti Körí találkozóik lebonyolítására került sor Fejér, Hajdú, Heves, Komárom, Pest, Szabolcs-Szatmár és Szolnok megyében. A megyei baráti körí találkozókon a CSBK vezetősége rendszeresen képviseltette magát.

## *Egyéb tevékenységek*

Az Uránia munkatársai aktívan vettek részt a *Csillagászati Szakkör-vezetők IV. Országos Tanácskozásának* (Tatabánya, 1979. április 6—7—8.) előkészítésében és lebonyolításában, a Rókafarmon megrendezett *III. Amatőr-csillagász Észlelő-, Építőtáborban* (1979. június 20—július 4.) a szakmai előkészítésben és lebonyolításban, valamint a Csillagászati és Űrkutatási Választmány 10 napos bentlakásos tanfolyamának tartalmi és formai előkészítésében, illetve lebonyolításában.

Kisebb-nagyobb feladatok elvégzésével segítettek az Uránia munkatársai néhány megyei (budapesti) rendezvény sikeres lebonyolításában: Szolnok megyei középiskolás csillagászati vetélkedő (1979. május 19.) levezetése; Úttörő Csillagász Vetélkedő (Székesfehérvár, 1979. június 15—17.) tartalmi előkészítéséhez segítségadás, szakmai előadások megtartása (Ponori Thewrewk Aurél és Zombori Ottó), valamint részvétel a zsüri munkájában; együttműködés keretében a Csillebérci Úttörőtábor vezetésével az Interkozmosz Szaktábor (1979. VI. 25—VII. 4.) programjában szerepelt az Uránia Csillagvizsgáló megtekintése (2×100 fő), valamint egy előadás a szaktábor résztvevői számára (Zombori Ottó); a Veszprém megyében megrendezett Meteorészlelők Táborában (1979. aug. 5.) Kelemen János tartott szakmai előadást, a Budapesti Csillagászati és Űrkutatási Szakosztállyal együttműködve az V. (jubileumi) Csillagásznapi (1979. nov. 14.) sikeres lebonyolításához az Uránia munkatársak is hozzájárultak.

Az Urániában az év folyamán két alkalommal (1979. június 14. és dec. 28.) rendezett vizsgát a TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmánya.

## *Kiadványok*

A csillagászati szakkörök és észlelő amatőrök számára kiadott *METEOR* c. folyóiratot továbbra is az Uránia munkatársai szerkesztették. A két-havonta megjelenő folyóirat mellé első alkalommal adtuk ki az észlelési tevékenységet segítő „*Eruptív változócsillagok*” c. térképfüzetet. Újra kiadtuk az Uránia Általános Tájékoztatóját, amelyben helyet kapott az Uránia műhelyei által előállított optikai cikkek árjegyzéke is. Útmutatót adtunk ki az 56/600-as hordozható reflektor szereléséhez, mely megfelelő méretezéssel a 60, 80 és 100 mm átmérőjű tükrök szereléséhez is alkalmas. Jövő évi megjelenésre nyomdába adtuk Dóra László: „*Ismerkedés a csillagos éggel*” c. — évek óta jelentkező hiányt pótló — munkáját, amely a csillagos ég megismerését a havonta látható csillagképek ábráival könnyíti meg, kezdő és haladó amatőrök számára egyaránt. Szintén nyomdába került az Uránia Füzetek első száma: Kelemen



János „Bevezetés a csillagászatba I.” c. kiadvány, amely a hasonló címmel meghirdetett előadássorozat jegyzeteként is hasznosítható.

### *Hazai és nemzetközi kapcsolatok*

Az Uránia Csillagvizsgáló a különböző szinteken folyó csillagászati és űrkutatói ismeretterjesztő tevékenységből az évek során kialakult munkamegosztás alapján veszi ki részét a hasonló feladatokat végző intézmények mellett. A beszámolási időszakban sikerült lépéseket tenni a további feladatok hatékonyabb elvégzése, a jobb munkamegosztás érdekében a következő évi munkatervet ismeretében előzetes egyeztetések irányába. Jó munkakapcsolatok alakultak ki a TIT Budapesti Szervezete Csillagászati és Űrkutatói Szakosztálya Vezetőségével, a Föld és Ég Szerkesztőségével, a Népművelési Intézettel, a MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályával és természetesen a Csillagászati és Űrkutatói Választmány Vezetőségével.

Évek óta kimondottan jó kapcsolatban állunk a környező szocialista országok hasonló — csillagászati és űrkutatói ismereteket terjesztő — intézményeivel. Az Uránia néhány optikai cikkével továbbra is segítette az egyéni amatőrök észlelő munkáját ezekben az országokban. Együttműködési megállapodás aláírására történtek előkészületek a szlovák és az NDK-beli amatőröket összefogó központi intézmények és az Uránia között.

### *Az Uránia műhelyeinek tevékenysége*

1979 folyamán az Uránia műhelyeiben az évek alatt jól megszokott rendben, előzetes rendelkezések alapján folyt az amatőrök segítségét célzó tevékenység, a Csillagászat Baráti Köre tagjainak, az egyéni amatőröknek és a csillagászati szakköröknek optikákkal történő ellátása.

Hatalmas sikere volt Dr. Kulin György „Mit mondanak a csillagok?” c. 1979. október 18-i tv-műsorának, melyben kezdő amatőröknek egyszerű lencsés távcső összeállításának lehetőségére hívta fel a figyelmét, és a nemzetközi gyermekév tiszteletére felajánlotta az Uránia Csillagvizsgáló segítségét az esetleges érdeklődők számára. A soha nem tapasztalt érdeklődést jelzi, hogy az adás után naponta több százával, de még hetekkel később is tízesével érkeztek a rendelkezések az Urániába, összesen mintegy 4 ezer példányban. Ez a váratlan érdeklődés hónapokra lekötötte a műhely kapacitását. 1979-ben az Uránia műhelyeiben 234 kész, illetve előkészített távcsőtükör, 279 okulár, 2038 kész távcső, illetve távcső összeállításához szükséges optikai készlet, 3 db félvillás tükröstávcső és 1 db hordozható ún. „koffer-távcső” készült.

## *Személyi ügyek*

Igazgató: Ponori Thewrewk Aurél  
Csoportvezető, választmányi referens: Zombori Ottó  
Titkárnő: Murányi Lászlóné  
Gazdasági ügyintéző: Bársony Bertalanné  
Tudományos főmunkatárs: Dr. Kulin György (részfoglalkozásban)  
Tudományos munkatársak: Kelemen János  
Torma Tibor

Gondnok: Nagy Ferenc  
Takarító: Hajnal Ferencné  
Műszaki csoportvezető: Kürti Imre  
Műszerész: Marinka Tóth József  
Műszaki részfoglalkozásúak: Orgovánai János műszerész  
Staszinszky Miklós műszerész  
Csengei László műszerész  
Ulrich Ferenc optikus

Citadellai pénztárosok: Dr. Fodor Elekné  
Szentgróti Rezsőné

A beszámolási időszakban megüresedett tudományos munkatársi álláshelyre az Urániához került a hosszú évek óta elismert társadalmi munkatársként itt tevékenykedő Torma Tibor, aki az ELTE fizikus szakán szerzett diplomát. Az Uránia műhelyében új részfoglalkozású műszerészként Csengei Lászlót alkalmaztuk.

Az esti közönségforgalom lebonyolításában a legaktívabb társadalmi munkatársak voltak 1979-ben: Aradi Katalin, Bán András, Bartók Nagy János, Benke Tamás, Deicsics László, Farkas Ernő, Gecse Csaba, Holl András, Jáhl Attila, Janeczky László, Kunszt Attila, Makovecz Benjámin, Marinka Tóth József, Molnár Tamás, Nagy Ferenc, Pap Judit, Róka László, Spányi Péter, Steiner András, Szalma Sándor, Tarnay Kálmán, Torma Tibor, Varga Géza, Závodi László és Zombori Judit.



**A TIT CSILLAGÁSZATI  
ÉS ŰRKUTATÁSI VÁLASZTMÁNYÁNAK  
ÉS SZAKOSZTÁLYÁNAK 1979. ÉVI TEVÉKENYSÉGE**

**A Választmány munkája**

A Választmány, munkatervének megfelelően, 1979-ben négy vezetőségi és két plenáris ülést tartott.

*Vezetőségi ülések*

1979. március 14. (TIT Planetárium)

- A Békés megyei szakosztály munkájának tapasztalatai (Béres István);
- a tavaszi plenáris ülés előkészítése (Zombori Ottó);
- a megyei (budapesti) szakosztályok munkaterveinek értékelése (Dr. Balázs Béla).

1979. május 30. (TIT Planetárium)

- A Fejér és Szolnok megyei szakosztályok munkájának tapasztalatai (Kendrovics Miklós és Kovács Miklós);
- tájékoztató a Választmány rendezvényeivel kapcsolatos tennivalókról (Zombori Ottó).

1979. október 31. (TIT Planetárium)

- A Pest megyei szakosztály munkájának tapasztalatai (Gesztési Albert);
- az őszi plenáris ülés előkészítése (Zombori Ottó);
- a Választmány 1980. évi munkaterv javaslata (Zombori Ottó);
- a Csillagászati Évkönyv szerepe a csillagászati ismeretterjesztésben (Schlosser Tamás).

1979. december 27. (TIT Stúdió)

- A Nógrád és a Győr-Sopron megyei szakosztályok munkájának tapasztalatai (Gergely István és Kallós Károly);
- a vezetőség megyei látogatásainak tapasztalatai (Dr. Kanyó Sándor, Ponori Thewrewk Aurél, Zombori Ottó);
- tájékoztató az 1981. évi Csillagászati Évkönyv előkészületi munkálatairól (Dr. Almár Iván).

1979. április 25. (TIT Stúdió)

- Beszámoló az 1978-ban végzett csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztő tevékenységről és a Választmány munkájáról (Dr. Almár Iván);
- Az értelmiség között végzett társulati tevékenység időszerű feladatai c. állásfoglalás előkészítéséhez a Választmányra háruló feladatok (Dr. Kanyó Sándor);
- szakmai továbbképző előadás (Dr. Abonyi Iván: „Einstein — fizika — csillagászat”).

1979. november 21. (TIT Stúdió)

- A Választmány vezetőségének beszámolója (Dr. Almár Iván);
- tájékoztató a Választmány rendezvényeiről (Zombori Ottó);
- a vezetőség javaslata a Választmány 1980. évi munkatervére (Dr. Kanyó Sándor, Zombori Ottó);
- szakmai továbbképző előadás (Illés Erzsébet—Dr. Horváth András: „A Jupiter rendszerével kapcsolatos újabb eredmények”).

A plenáris ülés elfogadta a Választmány 1980. évi munkatervét.

A Választmány vezetősége az 1979. év folyamán helyszíni tapasztalatszerzésen vett részt Nógrád, Komárom, Borsod, Szabolcs, Szolnok, Somogy, Veszprém és Baranya megyékben.

A Választmány közreműködésével, tartalmi útmutatásai alapján lebonyolított rendezvények:

- 1979. április 6—8.: Csillagászati Szakkörvezetők IV. Országos Tanácskozása Tatabányán (tanulmányi kirándulás Ógyallára, 80 fő);
- 1979. augusztus 21—31.: 10 napos bentlakásos tanfolyam Nyíregyházán (60 fő);
- 1979. június 20—július 3.; III. Amatőrcsillagász Építő-, Észlelőtábor Rókaфарmon (30 fő);
- a Választmány levelező tanfolyamának központi vizsgái az Uránia Csillagvizsgálóban;
- 1979. december 27., előadói konferencia (TIT Stúdió),  
Dr. Fejes István: Új eredmények a rádiócsillagászatban,  
Kelemen János: Kettőscsillagok,  
Dr. Makra Zsigmond: Sugárveszély a világűrben.

A Választmány vezetőségéből a TIT Országos Elnöksége ülésein Dr. Almár Iván, Dr. Kulin György, Ponori Thewrewk Aurél és Zombori Ottó vettek részt.

A Választmány levelező tanfolyamának vizsgáin 1979-ben 70 fő szerepelt eredményesen. 1979 decemberében nyomdába adtuk a Csillagá-

szati Értesítő 1979-es számát, valamint a Hell Miksa emlékülés írásos anyagát.

A Választmány személyi állományában 1979-ben beállt változások: Gesztesi Albert a Pest megyei, Kallós Károly a Győr-Sopron megyei szakosztály elnöke lett. Komárom megyében Dr. Jónás László visszavonulása miatt a szakosztályelnöki teendőket Dinga László látja el.

## A szakosztály működése

### *Budapest*

Az 1979. évi munkatervben kitűzött feladatokat lényegében végrehajtottuk.

1979-ben 294 előadást tartottunk; előadásaink száma 1978-hoz képest 25,5%-kal csökkent.

Az általános és középiskolákban összesen nyolc tudománybaráti kört vezettünk. 1979 őszén már 14 tudománybaráti kör indult meg, 296 fő részvételével.

A József Attila Szabadegyetemen két nagysikerű központi sorozatot indítottunk: „Általános csillagászat I.” és „Kozmológia” címmel (17 és 15 előadás, 154, illetve 92 fő iratkozott be); mindkettőhöz jegyzetet adtunk ki. Kihelyezett szabadegyetemi sorozatot három helyről igényeltek.

A Csillagászati Hét (7 előadás és 6 rövid planetáriumi program) látogatottsága 1978-hoz képest 34%-kal emelkedett, 2408 fő vett részt rendezvényein.

#### *Szakosztályi élet:*

- Csillagászklub: 6 alkalommal 8 előadás;
- előadói konferencia egy alkalommal;
- Pasquich János emlékest 2 előadásban;
- Bernhardt Schmidt emlékest 2 előadással (közös rendezésben a fizikai és a műszaki szakosztályokkal);
- nyilvános diákköri ülés 2 alkalommal 4 előadásban (közös rendezésben az ELTE Csillagászati Tudományos Diákkörével);
- V. Csillagásznapi.

*Tagság:* 1979-ben 65 fő fizetett tagdíjat. A szakosztályvezetőség 4 főt vett fel.

*Foglalkoztatottság:* meghaladja a 60%-ot.

1979-ben megjelent a csillagásztörténeti munkabizottság gondozásában a „Csillagásztörténet” c. szakosztályi kiadvány. A szakosztályvezetőség 13 fő feladatban csoportosította tennivalóit, melyek egy része folyamatos munka kell hogy legyen.

## Baranya megye

Szakosztályunk tevékenysége az 1979. év folyamán megfelelt elkészített tervének. Végrehajtottuk mind az ismeretterjesztő tevékenységgel, mind a szakosztályi élettel kapcsolatban magunk elé tűzött feladatunkat.

Tagjaink vállalták és megtartották mindazokat az előadásokat, melyeket a megye és Pécs város intézményei, üzei kértek. Az előadások színvonalasak és különféle módon szemléltetettek voltak.

Átlagosan napi egy előadást jelentett ez, s ezek zömére a Természettudományi Stúdióban, s nagy részükre azon belül is a Planetáriumban került sor. A nem ott elhangzottakat is általában filmvetítéssel, diavagy epidiaszkóppal, illetve távcsöves bemutatóval szemléltettük. Az év folyamán megtartott planetáriumi előadások is változatosak voltak. Igazodtak az évszakokhoz, a csillagászati eseményekhez, a hallgatóság összetételéhez, kívánságához.

Helyi szervezésben rendszeresen (az iskolai időszakban hetente) tartottunk csillagászati *szakköri foglalkozást*. Tagságunkat felkészítettük a csillagászati vizsgára. A fiatalabb, agilis érdeklődők számára heti rendszerességgel külön előadássorozatot tartottunk. Patronáltuk a megyében működő csillagászati szakkörök munkáját.

A *Csillagászati Napokra* október 24—31-e között került sor, országosan ismert előadók közreműködésével.

A szakosztályi élet tervszerű volt. Előadóink számára három előadói konferenciát tartottunk. Több tagunk részt vett a Szakkörvezetők IV. Országos Tanácskozásán és a Rókafarmon megtartott amatőrcsillagász észlelőtábor rendezvényén.

Rendszeresen megtartottuk vezetőségi és szakosztályi üléseinket. Országos Választmányunknak minden ülésén, és (egy kivétellel) minden egyéb rendezvényén részt vettünk.

Fontos esemény, hogy megkezdődött a Pécsre szállított 40 cm-es távcső észlelőhelyiségének építése. Elkészült a kiviteli terv, az épület alapozása megkezdődött.

## Bács-Kiskun megye

A csillagászati *szakkörök* Kecskeméten (2), Kiskunhalason, Baján, Kalocsán, Kiskunmajsán, Tiszakécskén és Kiskunfélegyházán működnek.

Az elmúlt években megtartott *Csillagászati Hetek* előadásainak hallgatósága zömmel az általános és középiskolás tanulókból tevődött össze. Az ifjúság körében elhangzott előadások aránya 1979-ben 87,7%-a az összes csillagászati-űrkutatói előadásoknak! A rendezvények közül



említésre méltók a Baján évről évre megrendezésre kerülő *Csillagászati Szabadegyetem* s a Természet—Technika—Társadalom komplex sorozat keretében rendezett előadások.

A járási—városi művelődésügyi osztályok, az iskolák igazgatói lehetőséget adnak arra, hogy a földrajz és fizika szakos általános iskolai tanárok „*rendhagyó órák*” keretében ismertessék a 7—8. osztályokban a csillagászat és az űrkutatás legújabb eredményeit. Az előzetesen felmért igények alapján összeállított megyei program 75 előadást tartalmazott.

A kiemelt rendezvényeket Kecskeméten, a kecskeméti járásban, valamint Kalocsán tartottuk. Az átlagos hallgatói létszám 65—70 fő volt előadásonként.

Rendezvényeink szemléltetettsége magas fokú. A szakosztály tagjainak az országos rendezvényeken való részvétele rendszeres.

Szakosztályunk tagsága az 1979. november 1. és november 5-i, kecskeméti előadói konferenciákon vett részt.

Vezetőségünk évente kétszer ülésezett, a vezetőségi üléseket minden esetben a tavaszi és őszi választmányi plenáris ülés után tartottuk.

A szakosztály taglétszáma 1977-ben 21 fő, 1978-ban 20 fő, 1979-ben 21 fő volt. A tagság zöme pedagógus, de akadnak közöttük amatőr-csillagászok és hivatásos csillagászok is. Tagjaink közül 6 él a megyeszékhelyen, 8 fő a megye többi városában, 7 fő pedig községekben.

Szakosztályi tagságunk mellett olyan előadók is tartanak csillagászati és űrkutatási témájú előadásokat, akik más szakosztályok tagjai (földtudományi, fizikai, műszaki), sőt a Csillagászati Hetek rendezvénysorozata alatt a nem TIT-tag pedagógusok is részt vállalnak tevékenységünkben.

### *Békés megye*

Csillagászati szakkört Gyulán szerveztünk az általános iskolások körében.

A *Csillagászati Héten* 83 előadást és távesőves bemutatót tartottunk, amelyeket igen élénk érdeklődés kísért. Átlag 40 fő volt a hallgatói létszám. Filmestre a Csillagászati Héten egy alkalommal Gyulán került sor. A témák kijelölésénél aktualitásra törekedtünk.

A megyei ügyvezető elnökség tárgyalta a Csillagászati Hét előkészítéséről és lebonyolításáról. Azt állapították meg, hogy a program nagyon változatos, a területi szóródás jó, de nagyobb propagandát kell biztosítani a rendezvénysorozatnak.

A megyei értékelés alapján jelentősnek mondható csillagászati tevékenységünk. Tagjaink továbbképzését *előadói konferenciákkal* oldottuk meg, ezek az alábbiak voltak:



- A Naprendszer kialakulása (Szarvas, 1979. február)
- Helyünk a Világegyetemben (Orosháza, 1979. április)
- Az űrhajózás problémái (Szeghalom, 1979. október)
- A galaxisok fejlődése (Békéscsaba, 1979. október)

Egy-egy konferenciának 15—20 főnyi hallgatósága volt. A módszertani hónap előadása a módszertani továbbképzést segítette elő.

A négytagú vezetőség a munkaterv szerint megtárgyalta a napi-rendi pontokat. Szakosztályunk az országos választmányi üléseken mindig képviseltette magát.

A vezetőség által kidolgozott komplex témajavaslat az alábbi volt: „A bolygófejlődés néhány útja a Naprendszerben”.

Tagságunk 90%-ban foglalkoztatott. Általában a tagság középkorúakból áll.

A CSBK-tagokat a Csillagászati Héten mozgósítottuk előadások tartására is, továbbá valamennyi programunkról tájékoztattuk őket. Összesen 205 CSBK-tagunk van.

### *Borsod megye*

A szakosztály 1979. évi munkatervében kitűzött feladatokat, célkitűzéseket nagyjából végrehajtottuk, de olyan is van, amit nem sikerült megvalósítani. Sajnos még nem állnak rendelkezésünkre a statisztikai adatok, amelyekkel alátámaszthatnánk megállapításainkat.

A fizikai dolgozók és a szocialista brigádok körében nőtt az ismeretterjesztő előadások száma.

A *Miskolci Uránia Csillagvizsgáló* a megyei csillagászati ismeretterjesztés központjává vált. Ellátja a megye Urániáinak (Ózd, Leninváros, Kazincbarcika) szakmai irányítását. Patronálja az amatőr csillagászokat. Összefogja a Baráti Kör tagságát. Segítséget ad a csillagászat iránt érdeklődőknek. A Csillagvizsgálóban komoly klubélet folyik.

Az 1978/79. oktatási évben igen szépen működött a *Csillagászati Szabadegyetem* az Uránia Csillagvizsgálóban. Az 1979/80. oktatási évre az egyetemre akartuk áthelyezni, mivel a hallgatóság nagy része az egyetemisták köréből került ki. Sajnos az egyetem csillagászati baráti körét irányító egyetemi tanársegédet Budapestre helyezték át.

Rendezvényeink közül szép sikerrel zártuk a *Borsodi Csillagászati Heteket*. A meghirdetett előadásokat mind megtartottuk.

A nyár folyamán a Választmány segítségével Rókafarmon építő-, észlelőtábor szerveztünk, ahol a fiatalokat tanfolyam formában tanították.

A szakosztály vezetőségi üléseit — a decemberit kivéve — megtartottuk. Szakosztályunk vezetőségének létszáma 7 fő. Képesítésüket tekintve pedagógusok, mérnökök, tudományos kutatók. Szakosztályunk

létszáma 24 fő, a legkisebb a megyei szakosztályok között. Munkánk hiányossága, hogy nem tudtuk növelni a tagság létszámát a fiatal értelmiség köréből.

A világnézeti nevelőmunka terén színvonalemelkedésről számolhadtunk be, szakosztályunkban jó előadógárda alakult ki, akik tudományos igényességgel tartják előadásait, továbbá nagy gondot fordítanak a szemléltető eszközök használatára.

A Csillagászat Baráti Köre tagjainak száma az 1979. év végére elérte a 385 főt. A *Baráti Kör klubja* megalakulóban van. A Baráti Kör tagjai szakkörben fejlesztik ismereteiket, távcsöveket építenek és bekapcsolódnak az amatőr megfigyelői programba.

### *Csongrád megye*

Szakosztályunk az 1979. évi munkatervében lefektetett legfontosabb kérdésben — a planetáriumépítés ügyében — egyáltalán nem tudott előbbre jutni. A *csillagvizsgáló-planetárium építése* ügyében szakosztályunk vezetősége 1979 novemberében tárgyalásokat folytatott a Szeged Városi MSZMP Bizottságon. Ígéret szerint az új ötéves terv időszakában felépül az említett intézmény.

Az 1979-es munkatervben rögzített feladatok közül az elmúlt évben a következők jelzik szakosztályunk tevékenységét:

Kapcsolatba léptünk a Szeged területén működő nagyobb üzemekkel és népművelő intézményekkel, és előadásokat tartottunk.

Öt újabb szakkört hoztunk létre a megyében. Távcsövek és egyéb segédanyagok biztosításával támogattuk a tápéi iskolában megalakult csillagászati szakkört, valamint propagandaanyagokkal a Bartók Béla Művelődési Ház Alcor amatőr csillagász körét.

Megkezdtük az 1979/1980-as évi *szabadegyetemi előadásokat*. 1979. október, valamint november hónapban összesen 800 főt mozgósító budapesti *planetáriumi kirándulást* szerveztünk. 10 fő részvételével *nyári megfigyelő tábor* rendeztünk (egy hét időtartamra) Ásotthalom térségében. Föld és Ég ankétunkra meghívtuk (a földrajzi szakosztállyal közösen) a folyóirat szerkesztőségét.

Személyi okok miatt sajnos nem rendeztük meg az előadói vizsgát és az általános iskolai vetélkedőt.

A munkatervben rögzített szakosztályi és vezetőségi megbeszéléseket maradéktalanul megtartottuk, sőt alkalmanként lényegesen többször jöttünk össze megbeszélésekre. Szakosztályunk tevékenységét javította, hogy a Csillagászat Baráti Köre titkári tisztét (Paszt György személyében) sikerült betölteni.

További eredmény a Bartók Béla Művelődési Központtal 1979 őszétől megvalósított szoros együttműködés. Kapcsolatot építettünk ki a

JATE Kísérleti Fizikai Tanszékével (két tanszéki oktatónak a szakosztályi vezetőségi tagok sorába való kooptálásával, valamint a szabadegyetemi előadásoknak a tanszéken történő megtartásával). Nemi építettünk ki tartós és szoros kapcsolatot a MTESZ-szel, valamint a JATE Kulturális Bizottságával.

### *Fejér megye*

Az előadások mennyiségi növelésére nem törekedtünk ugyan, de a szintentartás (a központi — megyei — szervezési munka javításával) eredményes volt. *Növekedett a mezőgazdasági fizikai dolgozók és ifjúmunkások, szakmunkástanulók körében folyó természettudományos ismeretterjesztő munka.*

A megyei *Uránia* bemutató működése 1979. évben oly sikeres volt, hogy a főszezon bemutató napjai az anyagi kereteket kimerítették, és így november 1-től a bemutatást be kellett szüntetni.

A szakköri munka tovább javult, igen eredményes volt az *általános iskolák országos szakköri versenyének* lebonyolítása (85 fő). Székesfehérvár két működő szakköréből tavaly négy fő tett központi vizsgát.

A szakosztály tervezett központi előadásai maradéktalanul megvalósultak, javuló közönségsikerral (egy alkalommal 105 fős részvétel is volt). Saját rendezvényeinkre többségében országos, sőt nemzetközi hírnévvel rendelkező előadókat hívtunk meg. Nagy sikere volt a terven felüli őszi *Csillagászati Hét* rendezvényeinek.

A tervezett előadói konferenciákat teljesítettük, sőt (külföldi előadóval) túlteljesítettük.

Az előadások minőségét az előadók felkészültségének fokozásával fejlesztettük (központi és helyi előadói konferencia, külföldi szakfolyóiratok központi biztosítása stb.).

A Választmány rendezvényein a tervezett létszámmal részt vettünk.

Szakosztályi vezetőségi üléseinket maradéktalanul megtartottuk, mindenkor az aktualitás jegyében.

A Baráti Kör taglétszáma tovább növekedett: 1979. december 31-én 273 fő, a szakosztályé 16 fő volt.

A megyei Pedagógus Továbbképző Intézettel eseti jelleggel alakult ki kapcsolatunk. A folyamatos állandó munkakapcsolat nem valósult meg.

Összefoglalva: az 1979. évben tervezett célkitűzéseinket elértük, és a világnézeti nevelés terén, különösen a mezőgazdaságban dolgozóknál már eredményekről is beszélhetünk.



A statisztikai kép — az Országos Választmány véleménye szerint — bőven jelez hiányosságot, de azért nem rossz; valamelyest az országos átlag alatti eredményeket tükröz. A legfontosabb hiányosság önmagában az előadások csekély száma, de ezt tetézi a több év számadataiban mutatkozó nagyobb ingadozás és a megtartott előadások hibás, koncepciótlan területi eloszlása, a falusi ismeretterjesztés nagyfokú elhanyagolása. Részben ezzel párhuzamos jelenség a Baráti Kör két éve tartó visszaesése, sorvadása a megyében.

A *Csillagászati Héten* a 10 előadáson és egy diákköri foglalkozáson kívül további előadások is elhangzottak, az érdeklődésnek megfelelően. Az előadások többségét ismert fővárosi csillagászok tartották — megfelelő vagy jó érdeklődés mellett. Személyes tapasztalat szerint 1—2 helyen a szervezés nem volt megfelelő. A hét programjához lazán kapcsolódott több más hasonló rendezvény is. Mivel ezeknek állandó közönségük van, a propagandát szükségtelennek tartottuk.

A kevés tagot számláló szakosztály munkáját 1—2 ember irányította, szinte csak a vezetőség dolgozott. A szakosztály vezetésében 1979 októberében változás következett be. Első érdemi tevékenységünk a Csillagászati Hét megszervezése volt. Ez az előadásokra is vonatkozik. Mintegy másfél éve a szakosztály munkájában komoly törés következett be. Ennek oka túlnyomóan személyes de meglehetősen összetett. A szakosztály taglétszáma az átlagosnál lényegesen alacsonyabb, *a legaktívabbak a legidősebbek*. A megyében kevés az olyan intézmény, amely magasabb fokon képez természettudományos ágazatokban; nehéz társadalmi munkát is vállaló, előadóképes oktatókat találni, passzivitás is tapasztalható (Soproni Meteorológiai Állomás).

A megye területén található legnagyobb távcső 30 cm tükörátmérőjű, és a Vagongyár tulajdona. A távcső kezelője a berendezést a „sajátjának” tekinti. A városnak (a megyének) nagyot kellene lépnie, hogy belátható időn belül a nagyközönség számára hozzáférhető bemutató távcső is segíthesse a munkánkat.

### *Hajdú-Bihar megye*

Az ez évben megtartott előadások száma hasonló a tavalyihoz, a területi megoszlás viszont romlott, csökkent a vidéken tartott előadások száma. Változatlanul probléma, hogy a kért előadások témája meglehetősen egysíkú, leggyakrabban nem terjed túl a modern babonákon, mítoszokon. Sajnálattal kell megállapítanunk, hogy a megyei szervezet által kiadott témajavaslat (amely az összes szakosztály által ajánlott



előadások címét, tartalmazza, s amelyet minden érdekelt szervező megkapott a megyében) nem javított az évek óta fennálló helyzeten.

Öröndetes viszont, hogy a debreceni *klubkönyvtárak* vezetői sorozatban kérték a csillagászati előadásokat, s a fiatal hallgatóság körében igen nagy érdeklődést tapasztaltunk. Beindult továbbá egy ígéretes kezdeményezés: a nagyobb gyárak patronálásával néhány általános iskola 7—8. osztályosainak ún. „rendhagyó órákat” tartunk, s ezeket a csillagászat tanításának hiánya miatt nagy jelentőségűnek értékeljük.

1979-ben végre megvalósult a régóta tervezett *továbbképző tanfolyam*. Április 21-én három előadás hangzott el a megye több helységéből összegyűlt hallgatóság előtt. Délután az MTA Napfizikai Obszervatóriumban tett látogatással fejeződött be a program.

A Déri Múzeumban öt előadás hangzott el. A Csillagászati Szakkör a holdraszállás 10. évfordulója alkalmából kiállítást rendezett a Művelődési Házban.

Az év legtöbb embert megmozgató eseménye ezúttal is a *Csillagászati Hét* volt. Az 5 előadáson mintegy 1000 érdeklődő jelent meg. Sikeresek voltak az MTA Napfizikai Obszervatóriumban összesen 7 alkalommal — alkalmanként 30—30 főnek — tartott távcsöves bemutatók is.

### *Heves megye*

Az előadások száma az 1978. évihez viszonyítva jelentősen növekedett (1978-ban 94, 1979-ben 129). Az előadások területi eloszlása is kedvezően alakult. Objektív akadályok miatt azonban nem tudtuk a Főiskola kupolájában levő távcsövet üzembe helyezni.

Öröndetesen bővült a csillagász szakkörök száma (Andornaktálya, Parádsasvár). A megye területén működő ifjúsági klubokban is bővítettük tevékenységünket.

Megrendeztük a megyei *Csillagászati Hónapot*; a központi előadók közreműködésével szervezett 3 előadásból álló sorozaton mintegy 200-an jelentek meg. A rendezvény keretében egy héten át távcsöves bemutatókat tartottunk, melyen részt vettek Eger város összes általános és középiskolás tanulói.

A Nemzetközi Gyermekev keretében az egész megyére kiterjedő „Kis Csillagász Hónapot” rendeztünk. Március 20-án megrendeztük az *első megyei CSBK-találkozót* Egerben (41 CSBK-tag vett részt). Egy fővel vettünk részt a Csillagászati Szakkörvezetők IV. Országos Tanácskozásán, Tatabányán.

A tervezett vezetőségi üléseket megtartottuk. A taglétszám tervezett növelését sajnos nem tudtuk végrehajtani. (A megyében viszonylag kevés a kellő csillagászati ismerettel rendelkezők száma.) Igyekeztünk kapcsolatot teremteni a társ-szakosztályokkal is.

A CSBK taglétszámát sikerült jelentősen megnövelnünk: az 1979. év végén 279 tagot tartottunk nyilván.

### *Nógrád megye*

Az 1979. évi munkatervünk fő célkitűzéseit egészében teljesítettük. Felmértük mindazon lehetőségeinket, amelyek biztosíthatják a jövő évi tevékenység számszerű és tartalmi növekedését, valamint tagságunk létszámának bővítését egyaránt. Az e téren végzett munkánk már az év II. félévében is jelentős eredményeket hozott.

Nemcsak az akadémiai, komplex és egyéb sorozatokban vettünk részt, hanem a rendelkezésünkre álló audiovizuális anyagokkal nagy számban tartottunk előadásokat ifjúsági klubokban — a *Csillagászati Hetek* keretében. Az ifjúsági klubok részére szervezett ilyen jellegű előadásaink tapasztalatai egyértelműen pozitívak. Nemcsak a tudomány újdonságaival ismerkedtek a hallgatók, hanem a beszélgetések során bő lehetőséggel kínálkozik a természettudományos világgal való erősítésére is.

A Baráti Köri tagságunk létszáma már meghaladja a 100 főt. Sajnos a lakóhely szerinti szétszórtság, az utazási nehézségek miatt az ősszel nem sikerült újraszervezni csillagászati szabadegyetemünket, de a jövő évi terveinkben ez szerepel, s megvalósítása más keretek között fog megtörténni.

Együttműködésünk más szakosztályokkal jó és rendszeres. Ebben az évben hat alkalommal tartottunk összevont szakosztályvezetőségi ülést, melyek során nemcsak a közös tevékenység lehetőségeit beszéljük meg, hanem egy-egy területi testület munkájával is sikerült megismerkedni, s azt segíteni. A feladatok operatív részét, a napi munkák pontosítását a szaktitkárral és a Baráti Kör vezetőjével havonta rendszeresen elvégeztük. Úgy érezzük, hogy a hatékonyság és a szervezettőség kérdésében 1979-ben sikerült előbbre lépniünk.

### *Pest megye*

Szakosztályunk célkitűzéseiként szerepelt az ismeretterjesztő előadások számának és hatékonyságának növelése. A tárgyévben jelentősen, 58%-kal nőtt a csillagászati—űrkutatási ismeretterjesztő rendezvények száma. Míg 1978-ban 137 rendezvényünk volt, addig 1979-ben számuk 218-ra emelkedett. A hallgatók száma 7 869 volt, míg az előző évben csak 4859. Kiemelkedően jó munkát végzett a *Ráckevei-járási, Gödöllői-járási és Budai-járási szervezetünk*. A mennyiségi növekedés mellett az előadások tartalmi megoszlása is kedvezőbb volt, mint az előző években.

Megyénk 5 középfokú tanintézetének MSZBT-tagsoportja részére tartottunk előadásokat.

Szakosztályunk 1979-ben új tematikai javaslat kidolgozását kezdte meg, hogy segítse az előadások szervezését.

Nagyon jól sikerült az októberi *Csillagászati Hónap* megrendezése megyénkben.

Szakosztályi tagságunk, előadók továbbképzése érdekében 1979-ben két előadói ankétot rendeztünk.

Szakosztályunk taglétszáma 1979-ben 1 fő belépésével 20-ra növekedett. Tagságunk rendszeresen meghívást kap a TIT Budapesti Szervezete Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályának klubrendezvényeire is. Ezen felül a budapesti szakosztály előadók biztosításával segítette szakosztályunkat.

1979-ben megyénkben tovább emelkedett a CSBK-tagok száma: jelenleg 325 főt tartunk nyilván.

Szakosztályunkat az elmúlt évek munkájáról 1979-ben beszámoltatta a TIT Pest megyei Szervezete ügyvezető elnöksége és a Csillagászati és Űrkutatási Választmány vezetősége is. Mindkét testület elismerte szakosztályunk tevékenységét.

### *Szabolcs-Szatmár megye*

Szakosztályunk az 1979. évben igen mozgalmas, s egyben eredményes munkát végzett. Az 1979. évi munkatervünket csaknem egészében teljesítettük, az előírt szakosztályi előadói konferenciákat és vezetőségi üléseket megtartottuk.

Szakosztályvezetőségünk jó munkát végzett a Csillagászat Baráti Körének fejlesztésében, a szakköri mozgalom erősítésében, különös tekintettel az általános iskolai körök megalakulására és azok támogatására. Jelenleg 230 baráti kör tagot tartunk számon. A három előző évben beindított Kis Csillagász Baráti Kör mellett újabakkal is számolhatunk, amelyeket kiegészítenek a középiskolás szakkörök. Nagy sikerű volt a Baráti Kör tagjai számára június elején rendezett találkozó a Tanárképző Főiskolán.

Ugyancsak nagy sikerrel zárult a *Csillagászati Választmány 10 napos bentlakásos tanfolyama* a Tanárképző Főiskolán. A tanfolyam sikerére jellemző, hogy 15-en tettek vizsgát a tanfolyam végén, s az előadások látogatottságát növelték a megye egész területéről érkezett érdeklődők.

A *Csillagászati Hetek* rendezvénysorozatát az idén is a szabadegyetem csillagászati és űrkutatási tagozatával karöltve tartottuk meg. A nyolc előadásból álló rendezvény szervezésében segített még a Megyei Művelődési Központ és a MTESZ Eötvös Loránd Fizikai Társulat helyi csoportja.

Igen nagy segítségünkre voltak különböző jól működő kapcsolataink. Így elsősorban a Tanárképző Főiskola Földrajz Tanszékével, ahol is or-



szágos viszonylatban jelentős csillagászati szemléltető eszközök állnak az ismeretterjesztés rendelkezésére, a legjelentősebbek: két 30 cm-es tükrös távcső és egy kis planetárium.

### *Szolnok megye*

Az év folyamán sikerült megoldani a *Jubileum tér 5. számú épület tetején épülő bemutató csillagda* kupolájának, valamint mozgató berendezésének a tetőn történő elhelyezését.

1979-ben a szakosztály tagjai kb. az előző évvel azonos számú előadást tartottak.

1979. október 19—30-ig Szolnokon (négy művelődési házzal közösen) *Csillagászati Heteket* tartottunk. Ennek keretében 7 előadás hangzott el központi előadók részvételével, 5 este szabadtéri film- és diabemutatót tartottunk a város legforgalmasabb pontjain (távcsöves bemutatókkal egybekötve), s az Express-szel utazást szerveztünk a Planetáriumba. Segítséget nyújtottunk a törökszentmiklósi csillagászati hét megrendezésében is.

A szolnoki középiskolások részére *csillagászati és űrkutatási vetélkedőt* szerveztünk. A résztvevők számára 6 előadást tartottunk.

A Csillagászat Baráti Köre megyénkben élő tagjait rendszeresen tájékoztattuk az általunk szervezett rendezvényekről. A *Baráti Kör III. megyei találkozóját* — annak érdekében, hogy a Szolnoktól távol lakók is részt tudjanak venni — *három városban rendeztük meg*. A találkozókat előadással és távcsöves bemutatóval kötöttük össze. Aktív, lelkes általános iskolai tanulók részére megalakítottuk a Kis Csillagászok Baráti Körét. Az általános iskolások részére *űrkutatási rajzpályázatot* írtunk ki, a beérkezett festményekből kiállítást szerveztünk.

Részt vettünk több központi rendezvényen is.

Sikerült növelni a szakosztály aktív tagjainak létszámát. A távcsöves bemutatósoknál a szakosztályi tagokon kívül bevontuk azokat a szakköri tagokat is, akik a Választmány levelező tanfolyamának vizsgáját letették. Megfelelő munkakapcsolat volt a szakosztály és a Megyei Művelődési Központ Természettudományi Munkabizottsága, a város művelődési házai és a megye csillagászati szakkörei között.

### *Tolna megye*

A dolgozó fiatalok körében végzett tevékenységünk a korábbi évekhez képest szélesedett. Sikerült elérnünk azt, hogy az üzemek ismeretterjesztő programjai közé több csillagászati előadást is felvegyenek. Jelentős volt a dolgozó fiatalok körében kifejtett csillagászati bemutatók megszer-



vezése is. Öröndetes, hogy előadóink az újonnan kapott audio-vizuális műsorokat igen szívesen alkalmazzák szemléltetésre.

Jelentős eseménynek tartjuk a biológiai szakosztállyal közösen szervezett és lebonyolított, „Az Élet keletkezéséről” szóló előadásainkat.

Csillagászati bemutatókat az év folyamán kb. 25—30-szor sikerült szervezni. Pakson és Decsen általános iskolai szakkör kezdte meg működését.

A tavalyi évhez hasonlóan — immár hagyományosan — megtartottuk (november 15. és december 15. között) a *Csillagászati Hónap* rendezvény-sorozatát. Az idén audio-vizuális műsorokat is bemutattunk — igen nagy sikerrel.

Gondot fordítottunk tagjaink megfelelő továbbképzésére. Elsősorban az Önképzőkör töltötte be az előadók továbbképzésének funkcióját. Vezetőségi ülésünkön jelöltük ki azokat a tagjainkat, akik részt vesznek a Választmány által szervezett továbbképzéseken. Előadóink szakmai fejlődését szolgálták még a központi előadói konferenciák, továbbképzések is. Ezeken szakosztályunk mindig képviseltette magát.

Taglétszámunk meghaladta a 10 főt, s a paksi nagyberuházáson dolgozó értelmiségiek köréből egy aktív ismeretterjesztővel gyarapodott szakosztályunk.

Baráti köri tagságunk létszáma több mint 70 fő.

### *Vas megye*

Feladatul tűztük ki a világnézeti nevelést szolgáló csillagászati témájú előadások számának emelését — elsősorban községi művelődési házakban, ifjúsági klubokban, az iskolás korúak körében. E területen 1979. évben azonban sajnos tovább csökkent az érdeklődés. Előadásaink száma 31-ről 27-re csökkent, ebből 15 előadást tartottunk Szombathelyen, járá-saink, városaink évi egy (esetleg két) csillagászati előadást terveztek csupán.

Szakosztályunk vezetősége szorgalmazta az őszi *Csillagászati Hét* során tartandó csillagászati előadások rendezését. Ez alkalmából a TIT megyei klubjában tartottunk előadást és filmetet, az üzemek, a járási művelődési házak viszont nem éltek a szakosztály által ajánlott lehetőségekkel.

Harmadik éve működik Vas megyében az újjászervezett Csillagászat Baráti Köre. Baráti Körünk taglétszáma jelenleg 77 fő, részükre a Gott-hard Csillagvizsgáló Intézet adott helyiséget, eszközöket, ahol kéthetenként rendszeres foglalkozásokat tartanak. A Baráti Körből 10—12 tagunk él rendszeresen ezzel a lehetőséggel.

Szakosztályunk vezetősége az 1979. évben két alkalommal tartott megbeszélést a program szerint. Tagjaink létszáma 7 fő, közülük hárman a megyeszékhelyen, négyen községekben laknak. Szakosztályunk az

összevont fizika—kémia—matematika—csillagászati szakosztály keretében működik. Munkánk során kapcsolatot tartottunk a szervezet más szakosztályaival is.

### *Veszprém megye*

Az elmúlt évi munkaterv célkitűzéseit összességében teljesítettük.

A csillagászati ismeretterjesztés világnézeti, politikai kérdései megfelelő teret kaptak az előadásokban.

A kiesett keszthelyi járásban addig évente megtartott 15—20 előadással szemben csak minimális csökkenés mutatkozott.

Az ajánlott tematikákat elkészítettük és a megfelelő helyekre eljuttattuk. Eredménye az idei évben realizálódik.

Részt vettünk a Fizikai Szakosztály rendezvényein.

A megyei előadói konferenciát megrendeztük, valamint a Csillagászati Hét előadás-sorozatát is megrendeztük a megyében 4 helyen: Ajkán, Pápán, Veszprémben és Fűzfőgyártelepen.

A szakosztály vezetősége látogatást tett a megyében működő szaköröknél.

A szakosztály elnöksége a vezetőségi üléseket megtartotta, és a kitűzött munkaprogramot teljesítette.

Az összevont statisztikai adatokban szereplő tevékenységeken kívül még a következő tevékenységet tudjuk felmutatni 1979-ben:

- Országos Meteorészlelő Tábor, Veszprém,
- a statisztikán túl 42 db társadalmi munkás előadás, és 14 más szerv által térített előadás.
- 55 távcsöves bemutató az egész megye területén, amelyen mintegy 35 fős átlagos nézőszámot becsülhetünk.
- A Fűzfői Csillagvizsgálóban az év folyamán 46 bemutató volt, átlag 12 fő nézőszámmal.

### *Zala megye*

Zalaegerszegen a *Csillagda* egész évben (de az ősz folyamán fokozottan) hozzájárult a csillagászati ismeretterjesztéshez. Estéről estére nagyszámú érdeklődő előtt hangzanak el az előadások, és azokat távcsöves bemutatók követik. A zalaegerszegi *Csillagda* jó hatással van a megye csillagászati ismeretterjesztésére. Elhatároztuk, hogy *társadalmi munkában Nagykanizsára is hasonló objektumot építünk*. Minden érintett szerv támogatólag nyilatkozott. A tervdokumentációk már elkészültek.

Az őszi *Csillagászati Hét* rendezvényeit minden évben a megyei Természettudományi Hónap rendezvényeibe építjük be.

Nagykanizsán a helyi csillagászati szakcsoport vezetősége az úttörőházban csillagászati szakkönyvekből és szemléltetési eszközökből kiállítást rendezett.

A választmányi rendezvényeken a szakosztály képviseltette magát.

Sajnos a nyárra tervezett bentlakásos tanfolyamot anyagi gondok miatt nem tudtuk megvalósítani.

A Csillagászat Baráti Köre tagjainak száma tovább emelkedett. Szakosztályi rendezvényeinken a Baráti Kör tagjai általában részt vettek.

1979-ben sikerült a fizikai, a kémiai és a biológiai szakosztályokkal való együttműködés megteremtése.

## A CSILLAGÁSZAT LEGÚJABB EREDMÉNYEIBŐL

### Megoldódik a Nap-neutrínók rejtélye?

CHRISTENEN-DALGAARD, GOUTH és MORGAN új modellt dolgoztak ki annak a magyarázatára, hogy a Davis-féle Nap-neutrínó kísérlet miért ad kb. négyszer kisebb neutrínófluxust a szokásos napmodellekből számítottnál. A kísérletben mért nagyenergiájú neutrínók olyan magreakcióból származnak, amely a Nap energiatermelésében jelentéktelen. Ehhez járul még az is, hogy ez a reakció rendkívül érzékeny a Nap közép-pontjában uralkodó viszonyokra. Ezért a napmodellek viszonylag kis módosításával is igen erősen változtathatjuk ezeket a reakciókat, anélkül, hogy az összenergiatermelést lényegesen megváltoztatnánk.

Ilyen lehetőség a neutrínóprobléma megoldására annak a feltételezése, hogy a *Nap belseje kevés nehéz elemet tartalmaz*. Ez a feltevés egy kissé alacsonyabb középponti hőmérséklethez vezet, és a nagyenergiájú neutrínók számát erősen lecsökkenti. Már korábban is feltételezték, hogy a Nap kémiai összetételét tekintve nincs jól „elkeverve”, és belsejében a hidrogén aránya sokkal nagyobb. A felszíni elemgyakoriság *későbbi szennyeződés* eredménye lenne. Eddig nem voltak megfelelő modellek ilyen inhomogén elemgyakoriságokra. Ezért a fenti három szerző két modellt vizsgált meg  $z = 0,004$  és  $z = 0,001$  elemgyakorisággal, amelyek 4,7 milliárd év alatt annyi csillagközi anyagot vehettek fel, hogy a felszínen a jelenleg észlelt elemgyakoriság alakulhatott ki.

A megváltozott belső szerkezet azonban a Nap sajátrezgéseinak lényeges megváltozásához vezet. CLAVERIE, ISAAK MCLEOD és ROCA CORTES a Nap 5 perces rezgésének vizsgálata során a rezgés Fourier-spektrumában több 0,1–0,3 m/s amplitúdójú diszkrét vonal jelenlétét mutatta ki, amelyek egymástól átlagosan 67,8  $\mu\text{Hz}$  távolságra vannak. A Nap fotoszférájának sebességét a laboratóriumi hullámhosszhoz képest a semleges nátrium 769,9 nm-es vonalán mérték (1976–78-ig a Kanári-szigeteken levő Izanóban, valamint 1978-ban Pic du Midin, a Pireneusokban). A Fourier-spektrumban adódó vonalak közötti távolságok alapján meg lehet becsülni a homogén, illetve az inhomogén modellekhez szükséges elemgyakoriságot. Homogén modellekből  $z \sim 0,002$ ; míg a Nap légköré-



ben megfigyelhető  $z = 0,02$  felszíni elemgyakoriságot tartalmazó inhomogén modellekből  $z \sim 0,004$  kapható. A Nap neutrínófluxusára  $\leq 2,3$  SNU (1 SNU [Solar Neutrino Unit] =  $10^{-30}$  neutrínóelnyelés/célatom/s) adódik, amely eléggé egyezik a megfigyelt  $1,75 \pm 0,4$  SNU értékkel.

### A Pallas átmérője

A Pallas méretének és alakjának meghatározására szokatlanul pontos lehetőség adódott, amikor a *kisbolygó 1978. május 29-én elfedte a 11 magnitűdös SAO 85009 csillagot*. Az adatok feldolgozását WASSERMANN és 17 munkatársa végezte el. A fedés kezdetétől végéig hat földi és egy repülőgépre szerelt obszervatórium dolgozott együtt. A mérési eredményeket a korábban meghatározott forgástengely-orientációval egybevetve azt kapták, hogy a kisbolygót háromtengelyű ellipszoidnak tekintve a két egyenlítői rádiusz 279, illetve 263 km, míg a sarki sugár 266 km. A közepes sűrűsége  $2,8 \text{ g/cm}^3$  értéket kaptak, ami valamivel kevesebb a Hold sűrűségénél. A kisbolygó a ráeső fénynek 10,3 százalékát veri vissza. A közepes átmérő (538 km) határozottan kisebb, mint a korábban infravörös, valamint polarimetriás úton nyert 585, illetve 635 km-es érték. Az egyesült államokbeli Kitt Peaken levő 4 m-es távcsővel — ún. speckle-interferometriás eljárással —  $673 \pm 55$  km-es értéket kaptak, ami csaknem 25%-kal nagyobb a csillagféddel kapottnál. Megjegyzendő, hogy a Vesta átmérőjét is meghatározták, ez viszont jó egyezést mutat a fedési eljárás során meghatározott értékkel.

### A Merkúr pontos pozíciója

AFANASZJEVA és FOMIN a szovjetunióbeli *Ratan 600* rádiótávcsövet használták a Merkúr bolygó pozíciójának meghatározására. A mérések során a bolygó hőmérsékleti sugárzását detektálták. A távcsövet tranzitműszerként használták, és a pozíció mérése során azt az időpontot határozták meg, amikor a bolygó áthaladt a rádiótávcső érzékenységi nyálábjaának a közepén. Kalibrációul három kvazárt használtak, mégpedig a 3C 273, 3C 286, és 3C 454.3-at. Az eredmények azt mutatták, hogy a 2,08 cm-es hullámhosszon a Ratan 600 megbízhatóan képes észlelni a Merkurt, még akkor is, amikor csupán  $1''$ -ra volt a Naptól. A 2,08 cm-es hullámhossz mellett még négy további hullámhosszon is mértek, 1,35 és 13 cm között. A mérések pontossága eléri az optikai passzázsműszerek pontosságát, habár a szisztematikus hibák felderítésére további vizsgálatok szükségesek.

## A Vénusz rotációja

Új megfigyelések kétségessé teszik azt a rejtélyes naprendszerbeli jelenséget, amely szerint a Vénusz rotációját a Föld határozza meg. Az ún. spin-pálya rezonanciának ebben a sajátos esetében elméleti számítások azt mutatták, hogy a bolygó retrográd forgási idejének 243,16 napnál kellene stabilizálódnia, úgy, hogy a Vénusznak — ha a Földről nézzük — pontosan négy fordulatot kellene megtennie két alsó konjunkció között. Sok csillagász úgy hitte, hogy ez a helyzet ténylegesen fennáll, minthogy különféle radarmérések 0,2 nap pontossággal megegyeztek az elméleti értékkel, továbbá a forgástengely csaknem merőleges volt a pálya síkjára. SHAPIRO és munkatársai megvizsgálták a több mint 14 éven keresztül végzett megfigyeléseket, és azt találták, hogy a *Vénusz forgásideje 243,01 ± 0,03 nap*, amely szignifikánsan különbözik a 243,16 napos rezonanciaértéktől. További eredményként azt kapták, hogy a retrográd forgás tengelye mindössze 2,6°-ot tér el a pályanormális irányától.

## A Plejádok fősorozatának alsó vége

A Plejádok a Naphoz való közelségük miatt az egyik legjobban tanulmányozott csillaghalmaz. Azonban éppen ez a legjobban tanulmányozott csillaghalmaz vetett fel a csillagászoknak egy érdekes problémát, amelyet LANDOLT tárgyalt egy új munkájában.

Általában azt szokták feltételezni, hogy a halmazok csillagai egyidőben keletkeztek. Amennyiben ez igaz, két lehetőség van a halmazok korának meghatározására: a fősorozat felső részén az a pont a HR-diagramban, ahonnan felfelé haladva a csillagok már elfejlődtek a vörös óriás állapot felé, vagy pedig a fősorozat alsó részén az a pont, ahonnan kezdve lefelé a csillagok még nem érték el a fősorozatot. Ha a Plejádok fősorozatának felső részét összevetjük a csillagfejlődési elméletekkel, a halmaz korára kb. 70 millió évet kapunk. Ennek megfelelően a csillagkeletkezésre és a fősorozat előtti fejlődésre vonatkozó számítások azt adják, hogy a fősorozatnak kb. 1 naptömegnél véget kellene érnie. Ez a Plejádok távolságában 11 és 12 magnitúdó közötti fényességértéket jelent. Az összes eddigi mérések azt mutatják azonban, hogy a *Plejádok fősorozata legalább 15 magnitúdóig tart*.

Landolt a Kitt Peak-i 2,1 m-es távcsövet használta, és először sikerült a 14,6 magnitúdó alatti csillagokat fotoelektromosan megmérnie. Azt találta, hogy a fősorozat 0,3—0,4 naptömegnyi csillagoknál végződik, és a fősorozat elérésére ezeknek a csillagoknak az elméleti számítások szerint 400—800 millió évre van szükségük. Az eltérések adódhatnak abból, hogy a kistömegű csillagok kontrakciós (összehúzódási) ideje lényegesen rövi-

debb a számítotttnál, vagy pedig egyazon halmaz tagjai nem azonos időpontban keletkeztek. Az utóbbi elképzelés szerint a csillagok kialakulása az intersztelláris anyagból először a kis tömegű csillagokkal kezdődik, majd a nagyobb tömegűekkel folytatódik, amelyek sugárzása azután szétveti az eredeti felhőt, és így befejeződik a csillaghalmaz kialakulása.

## SS 433

Az utóbbi évek egyik legnagyobb csillagászati szenzációja kétségkívül a SANDULEAK és STEPHENSON 1977-es emissziós-csillagkatalógusában szereplő 433-as sorszámu csillag. Látszó fényessége mindössze 14 magnitúdó, de amint azt MARGON kimutatta, a szinképében két vonalrendszer figyelhető meg: a hidrogén és hélium vonalai nyugalmi hullámhosszuknak megfelelően, amelyre egyidejűleg egy kék, illetve vörös felé eltolódott emissziósvonal-rendszer rakódik. Az eltolódások időben változnak. Ennek során a vörös és kék felé eltolódott vonalak távolsága eléri egy maximumot, majd nullára csökken, azután újra növekedni kezd. Ennek a folyamatnak a periódusa 164 nap, és maximumban a kék felé tolódott vonalak 35 000 km/s-os közeledésnek, míg a vörös felé tolódottak 50 000 km/s-os távolodásnak felelnek meg. Ilyen mértékű vöröseltolódást eddig csak kvazárokból találtak. Az SS 433 szinképében megfigyelhető intersztelláris vonalak erősségéből az objektum távolságát 3,5 kpc-re lehetett becsülni. A szinképvonalak fentebb leírt vándorlását jól magyarázhatjuk az ún. *kinematikai modellel*, amely szerint a *forgástengelyhez 17°-kal hajló tengely mentén két ellentétes irányban gázcsóva található*, amelyekben az anyag 80 000 km/s sebességgel áramlik kifelé. A röntgentartományban az Einstein mesterséges hold mérései szerint az objektum sugárzása állandó, és kb. százszor kisebb, mint a Galaxisunkban megfigyelhető erős röntgensugárzó kettősöké. A stacionárius vonalrendszer  $H_{\alpha}$  vonalán történt mérésekkel CRAMPTON és munkatársai kimutatták, hogy a radiális sebesség 13 napos periódussal 150 km/s-nyit változik, amely valószínűleg pályamenti sebességként interpretálható. A kinematikai modell segítségével előre meg lehetett jósolni a spektrumvonalak eltolódásának mértékét, de a modell nem ad magyarázatot a gázcsóvák és a bennük uralkodó hatalmas sebességek eredetére.

A jelenség magyarázatára több modellt is kidolgoztak. Az egyik modell szerint az SS 433 egy *normál F típusú csillagból és a körülötte keringő neutroncsillagból áll*. A neutroncsillag állandóan anyagot nyer a másik komponensből, és amikor az átáramlott gázokból körülötte keletkező ún. akkréciós korong túltelítődik, akkor hatalmas robbanással két ellentétes irányú csóvát lök ki magából. A korong az F csillag gravitációs hatására precessziós mozgást végez, és ez okozza a nyaláb precesszióját. A másik



modell szerint *egy neutroncsillag kering egy nagyobb tömegű, erős mágneses térrel rendelkező csillag körül*, amely az erős csillagszél miatt állandóan anyagot veszít. Minthogy a csillagszél anyaga ionizált, az anyag csak a mágneses pólusok mentén tud kiáramlani. A mágneses tér tengelye precesszál a kompakt (tömör) kísérő gravitációs hatása miatt, s a kiáramló anyag a befagyás jelensége miatt szintén követi a tér mozgását. Az erővonalak visszahajlanak és keresztezik a csillagtól kb. 1000 csillagászati egység távolságban elhelyezkedő, hideg gázokból álló korongot, és a keletkezett kölcsönhatás során létrejövő emissziós területek mozgását figyelhetjük meg a vonalak kék és vörös felé egyidejűleg történő eltolódásában.

Az SS 433 eredetére vonatkozóan az látszik a legvalószínűbbnek, hogy szupernóvarobbanás során keletkezett. A csillagot még 1978 nyarán ausztrál rádiócsillagászok azonosították, mint a *W 50 rádióforrásban található erősen kompakt forrás optikai párját*. A W 50 rádióforrás gyengén sugárzó, elliptikus formájú folt, amely kelet-nyugati irányban kb.  $1,5''$  átmérőjű. Szerkezete alapján a rádiócsillagászok szupernóvaradaradványnak gondolják. Az SS 433 a W 50 középpontjában helyezkedik el. A szupernóvaradaradvány körül 10–40 ezer évre becsülik. Ha fényben készült felvételeken a rádiókép ellipticitásának irányában az SS 433 mindkét oldalán halvány, ködszerű nyúlvány figyelhető meg, amelyek színeképében a nitrogén szokatlanul erős vonalai láthatók. Nagyfelbontású rádiointerferométerekkel (a felbontás 0,003 szögmásodperc, ami az objektum távolságában 10–12 csillagászati egységnek felel meg) végzett mérések alapján legalább négy komponens különíthető el. A centrumban látható egy forrás, amelynek az átmérője kisebb, mint 0,003 szögmásodperc (vagyis kisebb a rendszer felbontóképességénél), s amely egy 0,13 szögmásodperc hosszú és kb. tizedannyi széles, kelet-nyugati irányban elnyúlt ellipsziszben foglal helyet. Ezután következik egy köralakú komponens, amelyet egy másik, kelet-nyugati irányban elnyúlt  $2 \times 0,4$  szögmásodperc méretű ellipszoid zár magába.

Az SS 433-ra vonatkozó fentebb ismertetett két modell mindegyikében szerepel egy neutroncsillag. A legáltalánosabban elfogadott nézetek szerint ezek a neutroncsillagok szupernóvarobbanások során keletkeznek. Mindeddig csupán két szupernóvaradaradványban találtak neutroncsillagot: a Rák- és a Vela-pulzárt. Az SS 433 a szupernóvaradaradványok új osztályának első ismert képviselője lenne. Arra, hogy ez valóban így van, az igen intenzív elméleti és megfigyelési munkák hamarosan konkrét választ tudnak majd adni.



## A galaxisok spirálszerkezete

Az egyes galaxisokban megfigyelhető spirálstruktúrák magyarázata az elméleti asztrofizika egyik legfontosabb problémája. A fő nehézség abban jelentkezik, hogy bármely kialakult spirálszerű anyagfelhő a differenciális rotáció miatt feltekeredik, és a szerkezet felismerhetetlenné válik. A differenciálisan rotáló galaxisokban levő spirálstruktúra legvalószínűbb magyarázata a sűrűséghullám-elmélet, amely a karokat nem anyagi objektumokként, hanem a galaxisok anyagában tovaterjedő hullámok frontjaiként értelmezi. Az elmélet legnagyobb nehézsége, hogy a hullámok eredetére és fennmaradására nem tud magyarázatot adni, a sűrűség-hullámok csillapodási ideje ugyanis sokkal kisebb a galaxisok élettartamánál. A másik probléma az, hogy a spirálkarok mindig ugyanolyan értelemben csavarodnak, azaz konvex (domború) oldaluk a galaktikus forgás irányába mutat. A sűrűséghullám gerjesztésére több mechanizmust is javasoltak. Ezek közé tartozik egy kísérő galaxis gravitációs hatása, illetve az ún. horgas spirálisok központi vidékén megfigyelhető „rúdszerű” sűrűsödés (bar) gerjesztő hatása.

KORMENDY és NORMAN alapos vizsgálat tárgyává tették ezeket az elképzeléseket. Kiválasztottak 54 galaxist, amelyek közül 25 volt horgas spirális és 8 rendelkezett közeli kísérővel. A legérdekesebb galaxisok azok voltak, amelyek semmilyen ismert módon nem lettek volna képesek spirálszerkezetüket fenntartani, és mégis ilyen szerkezettel rendelkeztek. Kormendy és Norman azt találta, hogy minden esetben vagy a spirálkarok voltak rövidek és nehezen felismerhetők, vagy a galaxis nem differenciálisan rotált azon a részen, ahol a spirálkarok jól kivehetőek voltak. Abban az esetben, amikor a spirálkarok a galaxis merev testként rotáló részén figyelhetők meg, nincs felcsavarodási probléma, és ekkor nincs is szükség a sűrűséghullám-elméletre. *A spirálszerkezetet mindig azoknál a galaxisoknál lehetett nehezen megérteni, amelyek erős differenciális rotáció mellett is jól meghatározott karokat mutatnak. Az utóbbi esetben azonban Kormendy és Norman szerint mindig kimutatható a kísérő, vagy a központi bar jelenléte.*

A spirálszerkezet magyarázatára érdekes sztochasztikus modellt dolgozott ki GEROLA és SEIDEN. Feltevésük szerint a nagytömegű csillagok szupernóvarobbanása során fellépő lökéshullám láncreakciószerű csillagkeletkezést indít el az intersztelláris anyagban. A láncreakció során keletkezett csomók a differenciális rotáció következtében karszerű nyúlványokká torzulnak, és összességében — a számítógépes szimulációk során — a spirálstruktúrához igen hasonló alakzatokat adnak.

A ténylegesen megfigyelhető spirálstruktúra valószínűleg több hatás egymásra rakódása, és adott esetben mindig mérlegelni kell, hogy milyen tényezők összhatása az, amit megfigyelünk.

## 0957+561 A, B: ikerkvazár vagy gravitációs lencse ?

A 0957+561 A, B két csillagszerű rádióforrás, amelyek mindössze 6 szögmásodperc távolságra helyezkednek el egymástól. A Palomar Sky Atlas alapján fényességük 17 magnitúdó körüli, és az A komponens határozotlan kékebb a B-nél. A két objektumról a Kitt Peak-i 2,1 m-es távcsővel, valamint a Mount Hopkinson 1979. május 9-én üzembe állított hattükrű távcsővel készítettek színeképfelvételt. A színeképek szerint mindkét objektumnak csaknem azonos a spektruma és a vöröseltolódása, utóbbira  $z = 1,4$  értéket kaptak. Az 5 GHz-en végzett megfigyelések szerint a kettős kvazár rádiószerkezete szokatlanul összetett, és nem hasonlít más ismert magányos rádióforráshoz. A megfigyelések szerint vannak olyan komponensek, amelyek egybeesnek az optikai képekkel. Az A komponensnek megfelelő rádiókép szögmérete  $1''$ , míg a B-nek megfelelő  $1'',5$ ; az őket összekötő egyenes irányában. Az A forrástól északkeletre és délnyugatra kb. az AB-nek megfelelő távolságban szintén látható egy-egy rádióforrás, amelyek közül az északkeleti sokkal erősebb, és ezeknek a forrásoknak nincsen optikai párjuk. Nagyfelbontású rádiointerferométerekkel 1,666 GHz-en végzett mérések szerint ezekben a forrásokban nincsen kompakt objektum, míg a kvazárokkal egybeeső két forrás nagy felbontás ( $5,5 \times 10^{-2}$  szögmásodperc) mellett is pontszerűnek látszik.

A két kvazár színeképe közötti hasonlóság, az azonos vöröseltolódás és a csaknem azonos rádióadatok arra utalnak, hogy *a két objektum között fizikai kapcsolat van*. A nagyfokú hasonlóság felveti azt a lehetőséget is, hogy egyetlenegy forrás gravitációs lencse által megkettőzött képét látjuk. Ha a kettős kvazárt két különálló objektumnak tekintenénk, akkor a nagyfokú hasonlóságot vagy véletlen egybeesésnek kellene gondolnunk, vagy pedig a kezdeti feltételeket, kort és környezeti hatásokat — amelyek tehát a jelenleg megfigyelhető arculat kialakításában szerepet játszottak — kell azonosaknak feltételeznünk. Az adott vöröseltolódás mellett és  $H_0 = 50 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  értékkel számolva a két komponens látszólagos szögtávolsága 68,5 kpc-nek felel meg. A sebességekben megfigyelhető különbséget pályamenti mozgásként értelmezve a rendszer tömegére  $10^{11}$  naptömeg adódik. Amennyiben a jelenséget gravitációs lencse hatásaként értelmezzük, akkor a lencse tömegének  $z_L$  vöröseltolódás mellett  $10^{13} z_L M_\odot$  nagyságúnak, lineáris méretének  $\leq 30$  kpc-nek kell lennie. Ha valóban egy galaxis gravitációs hatása okozza a felhasadást, akkor (mivel optikai felvételeken nem látható) nagyon valószínű, hogy  $z_L \geq 0,1$ . A Mount Palomaron levő 5 m-es távcső és egy ún. CCD-kamera segítségével a B komponensről északra ( $0,75''$  távolságra) valóban ki lehetett mutatni egy 18,8 magnitúdó fényességű galaxis jelenlétét. A B komponens sokesatornás spektrofotométerrel készített színeképében  $z = 0,4$  vöröseltolódású galaxis jelenlétére utaló vonalakat találtak. Mindezek az észlelések to-

vábbi bizonyítékot szolgáltatottak a kettős kvazár gravitációs lencsével történő értelmezésére. Ilyen egybeesések meglehetősen ritkán fordulnak elő, úgyhogy figyelemre méltó, hogy az ismert mintegy 1000 kvazár közül egy esetben valóban megfigyelhettünk egybeesést.

## Az 1979. év üstökösei

### 1979 a *Comet Koval*

Jan. 27,11250 UT  $\alpha_{1950} = 2^h58^m5$   $\delta_{1950} = +9^\circ23'$   $m_1 = 17^m$   
CHARLES T. KOVAL fedezte fel a Mount Palomar 122 cm-es Schmidt-teleszkópjával.

### 1979 b *Periodic Comet Daniel*

Febr. 2,69097 UT  $\alpha_{1950} = 13^h12^m39^s,93$   $\delta_{1950} = +22^\circ01'42'',6$   $m_1 = 19^m$   
Az üstököst az ausztráliai 122 cm-es UK Schmidt-teleszkóppal, a P. R. STANDEN által készített felvételen találták meg ismét.

### 1979 c *Comet Bradfield*

Jún. 24,417 UT  $\alpha_{1950} = 8^h37^m,5$   $\delta_{1950} = -1^\circ20'$   $m_1 = 10^m$   
Az üstököst az ausztráliai W. A. BRADFIELD találta.

### 1979 d *Comet Russell*

Jún. 16,44201 UT  $\alpha_{1950} = 14^h11^m11^s,2$   $\delta_{1950} = -3^\circ01'40''$   $m_1 = 17^m$   
Felfedezéséről K. RUSSELL számolt be. A felvételt az UK 122 cm-es Schmidt-távcsővel készítették.

### 1979 e *Comet Torres*

Jún. 26,24860 UT  $\alpha_{1950} = 19^h49^m,1$   $\delta_{1950} = -11^\circ30'$   $m_1 = 18^m$   
Az üstököst a chilei C. TORRES fedezte fel.

### 1979 f *Periodic Comet Holmes*

Júl. 20,29580 UT  $\alpha_{1950} = 3^h43^m14^s,55$   $\delta_{1950} = +35^\circ49'59'',9$   $m_1 = 19,5^m$   
A Harvard obszervatóriumban a 155 cm-es teleszkóppal C. Y. SHAO és G. SCHWARTZ találta meg.

### 1979 g *Periodic Comet Schwassmann—Wachmann 3*

Aug. 13,46632 UT  $\alpha_{1950} = 12^h35^m56^s,88$   $\delta_{1950} = -2^\circ23'52'',8$   $m_1 = 13^m$   
J. JOHNSTON és M. BUHAGIAR azonosították a dél-afrikai Perth obszervatóriumban.

### 1979 i *Comet Meier*

Szept. 20,06250 UT  $\alpha_{1950} = 13^h34^m,5$   $\delta_{1950} = +68^\circ38'$   $m_1 = 11,5^m$   
ROLF MEIER fedezte fel Ottawában egy 40 cm-es, f/5 nyílású távcsővel.

**1979 j *Periodic Comet Reinmuth 1***

Okt. 22, 14946 UT  $\alpha_{1950} = 1^h 44^m, 6$   $\delta_{1950} = -1^\circ 39'$   $m_2 = 20^m, 5$

Az üstököst G. SCHWARTZ és C. Y. SHAO találta meg újra a Harvard Obszervatórium 155 cm-es távcsövével.

**1979 k *Periodic Comet Schwassmann—Wachmann 2***

Dec. 14, 98141 UT  $\alpha_{1950} = 23^h 39^m 07^s, 87$   $\delta_{1950} = -6^\circ 03' 01'', 2$   $m_2 = 20^m, 5$

A Harvard Obszervatórium 155 cm-es távcsövével készített felvételeken G. SCHWARTZ találta, és a Schwassmann—Wachmann 2 előre számított pályájával való összehasonlítás során derült ki az azonoság.

**1979 l *Comet Bradfield***

Dec. 24, 753 UT  $\alpha_{1950} = 16^h 19^m, 0$   $\delta_{1950} = -35^\circ 20'$   $m_1 = 5^m$

Az üstököst az ausztráliai W. H. BRADFIELD fedezte fel.



## RÖNTGENSUGÁRZÁS GÖMBHALMAZOKBAN

A gömbhalmazok, ezek a jellegzetes, igen szép csillagcsoportosulások la-zán, gömbszerűen veszik körül a Tejútrendszer korongját, és így kiraj-zolják galaxisunk alakját és határait. Szabad szemmel nem láthatók, és kisebb távcsövekben elmosódott, ködszerű foltoknak látszanak. Emiatt került be sok gömbhalmaz a XVIII. sz. utolsó harmadában CHARLES MESSIER francia csillagász katalógusába. Messier ugyanis ködszerű objek-tumok felkutatását tűzte ki feladatául; 1784-ben megjelent kataló-gusában 103 „ködöt” sorol fel: extragalaxisokat, csillagközi ködöket, gömbhalmazokat. Ezért a legrégebben ismert gömbhalmazok elnevezése a Messier-katalógusbeli sorrendjüket őrzi: M 3, M 5, ... M 92 stb. A múlt század végén (1890) a Harvard Observatórium kiadásában megjelent *New General Catalogue (NGC)* is tartalmazza ezeket, és még további gömbhalmazokat is a saját sorrendjére utaló jelöléssel. Így pl. az M 15 gömbhalmaz ebben a katalógusban mint NGC 7078 szerepel.

WILLIAM HERSCHEL már a XVIII. században megállapította a gömb-halmazokról, hogy azok sok csillagból álló rendszerek, amelyeket a nehéz-ségi vonzás tart össze. A múlt század végén megélenkült az érdeklődés e gömb alakú csillagrendszerek iránt. SOLON I. BAILEY a Harvard Ob-szervatóriumban sorozatos fényképfelvételeket készített néhányról, és felfedezte, hogy egyes gömbhalmazok sok változócsillagot tartalmaznak.

Ma galaxisunkban mintegy 130 gömbhalmazt ismerünk, és feltehető, hogy számuk nem haladja meg a 200-at. A még ismeretlen gömbhal-mazok valószínűleg mind kis galaktikus szélességeken helyezkednek el, és így a csillagközi gáz- és porfelhők fényelnyelése az az akadály, amely fel-fedezésük útjában áll. Egy gömbhalmaz átlagosan 100 000 csillagból áll. Ezek közt vannak vörös óriások, különféle változócsillagok — túlnyomó többségük RR Lyrae típusú —, kis tömegű, korai színképtípusú csillagok, amelyek a gömbhalmazok Hertzsprung—Russell diagramjának horizon-tális ágát népesítik be.\*

\* Lásd Kanyó Sándor „A Tejútrendszer gömbhalmazai” c. cikkét az 1975-ös Csillagászati Évkönyv 227. oldalán.

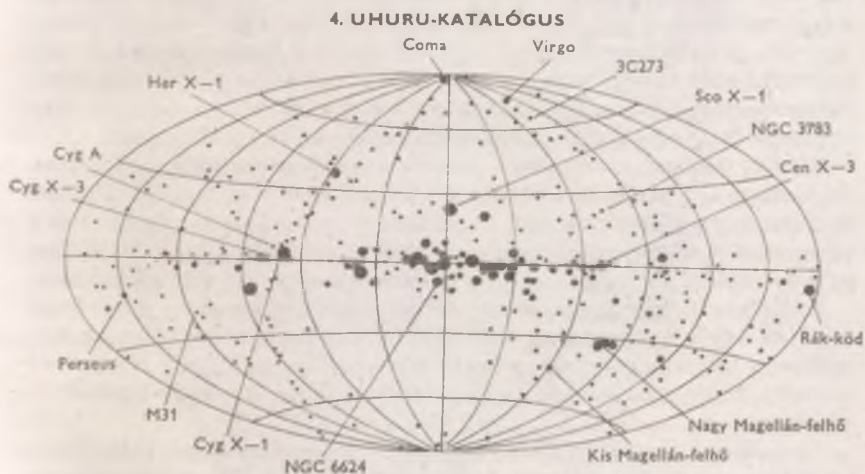
Mivel a gömbhalmazok galaxisunk legöregebb képződményei — kialakulásuk megelőzte a Galaxis korongját —, a bennük levő csillagok is Tejútrendszerünk legöregebb csillagai. Vizsgálatuk sokat mondhat a csillagok fejlődése szempontjából.

## Röntgensillagok — bursterek

Az 1960-as évek elejére esik a röntgensillagászat kibontakozása. 1962 júniusában észlelték az első *röntgensillagot*,\* és másfél évtized múltán már kerekén 100 ilyen objektumot tartottak számon (1., 2. ábra). A röntgensillagok energiapazarlása számunkra rendkívülinek tűnik. Egy ilyen objektum több energiát szór szét a röntgentartományban, mint amennyit Napunk az összes hullámhosszon kisugároz!

Biztosan nem ismerjük még az összes röntgensillagot, de az a tény, hogy csaknem két évtizedes szisztematikus keresés eredményeképpen a galaktikus röntgenforrások száma csak 100 körül van, arra utal, hogy a röntgensillagok az égbolt különleges, nem túl gyakori jelenségei.

1. ábra. A 4. UHURU-katalógus röntgenforrásai. Az átmérők a maximális intenzitások logaritmusával arányosak



\* E témáról lásd Ill Márton „Légkörön kívüli csillagászat” és „Röntgensillagok” c. cikkét a Csillagászati Évkönyv 1976-os, illetve 1977-es kötetében, a 156., illetve a 177. oldalon.

Még különösebb az a körülmény, hogy az eddig ismert röntgenforrások közül 8(1) gömbhalmazokban helyezkedik el.

Becsüljük meg a röntgensillagok gyakoriságát külön-külön a Galaxis korongjában és a haloban! Tejútrendszerünk korongja mintegy 100 milliárd csillagból áll. A gyakoriság a korongban tehát:

$$\frac{100 \text{ rtg-csillag}}{100 \cdot 10^9 \text{ csillag}} = 10^{-9}$$

Ha a haloban 200 gömbhalmazt veszünk tekintetbe, egyenként 100 ezer csillaggal, a gyakoriság:

$$\frac{8 \text{ rtg-csillag}}{200 \cdot 10^5 \text{ csillag}} = 4 \cdot 10^{-7}$$

Mivel  $4 \cdot 10^{-7} = 400 \cdot 10^{-9}$ , e hozzávetőleges számítás azt mutatja, hogy a röntgensillagok a gömbhalmazokban több százszor gyakoribbak, mint a korongban.

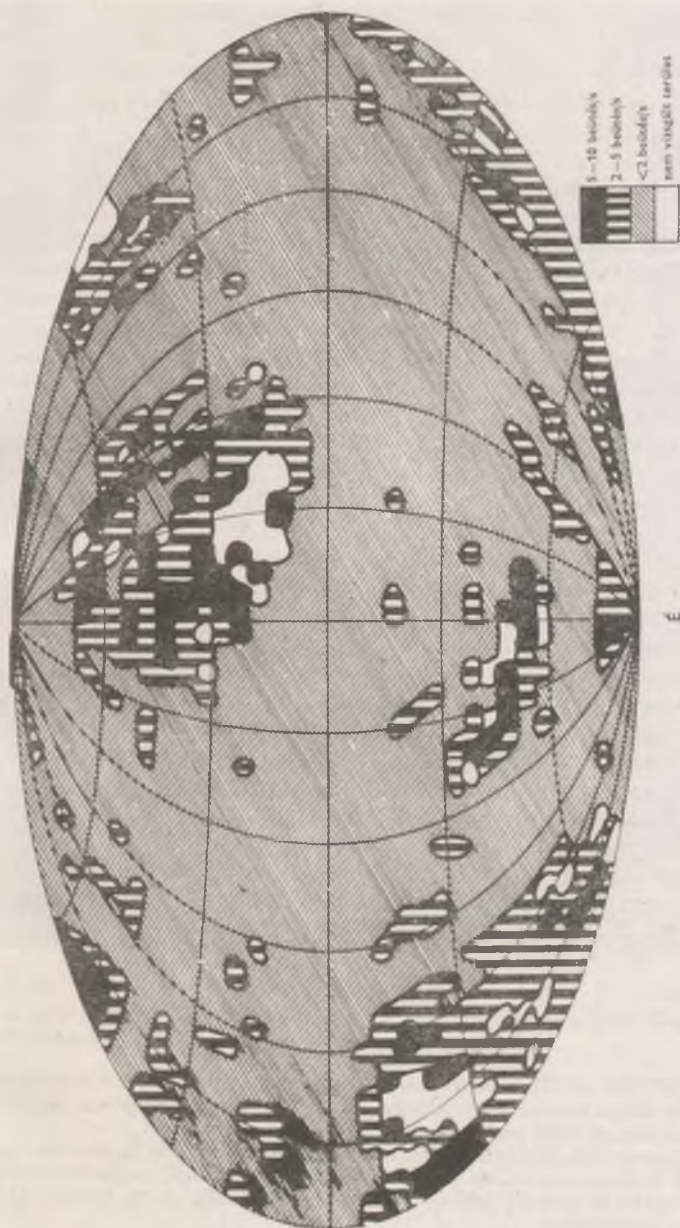
A legutóbbi években a mesterséges holdakon elhelyezett röntgen-távcsövek több mint 30 objektumnál rövid ideig tartó, igen fényes kitöréseket, ún. burst-öket észleltek. Bizonyos röntgenforrások esetében a kitörések eléggé szabályosan — néhány óránként vagy naponként — ismétlődnek. Egy ún. gyors burster kitörései azonban olyan szaporák, hogy egy nap folyamán több ezer is telne belőlük. Egy 10 másodperces kitörés alatt a röntgentartományban több energia válik szabaddá, mint amennyi a Nap egy egész heti energiakibocsátása a szinkép összes tartományában.

Néhány bursternél kisebb mértékű és változó intenzitású, de folyamatos röntgensugárzást is sikerült kimutatni. Ez arra utal, hogy a kitöréses tevékenység a röntgenforrások változásának egy szélsőséges formája és a röntgensillagok egy különleges csoportjára jellemző. A bursterek többsége a korongban helyezkedik el, és a Galaxis középpontja felé sűrűsödnek.

Eddig három gömbhalmazban találtak lassú, egyben pedig gyors burstert! Az egyik lassú burster kitörései mindig csak akkor jelentkeztek, amikor a folyamatos röntgensugárzás intenzitása csökkent. E tény azt mutatja, hogy a folyamatos sugárzás kibocsátója és a burster ugyanaz az objektum.

Nincs még elég megfigyelés ahhoz, hogy el lehessen dönteni: valamennyi gömbhalmazbeli röntgenforrás burster-e. Másfelől, több röntgensillagot figyeltek a korongban heteken át, és a detektorok nem jeleztek kitörést. Kézenfekvő tehát az a feltételezés, hogy a gömbhalmazokban fennálló körülmények olyan röntgenforrások kialakulásának kedveznek, amelyek változó viselkedéséhez a kitörés is hozzátartozik.





2. ábra. Az UHURU által felmért területek (a fehér foltokat nem vizsgálta)



## Röntgenforrások és gömbhalmazok

Nézzük most meg egyenként, közelebbről a gömbhalmazokkal azonosítható röntgenforrások és ezen halmazok tulajdonságait (ld. az 1. táblázatot is a 149. oldalon)!

*3U 2131 +11 és az M15 (= NGC 7078)*

E röntgenforrást az *UHURU*\* nevű mesterséges hold fedezte fel 1974-ben (3. ábra). Elnevezése mutatja, hogy a 3. *UHURU*-katalógusban szerepel (ld. 1., 2. ábrát is, mely a 4. *UHURU*-katalógust mutatja). A katalógus jelzését követő szám első két jegye a rektaszcenziót jelenti, a többi jegy sorszám, és ezt követi (előjellel) a deklináció. Tehát rektaszcenziója  $21^h$ , deklinációja pedig  $+11^\circ$ , sorszáma: 31. Röntgensugárzását az *UHURU* állandónak mérte.

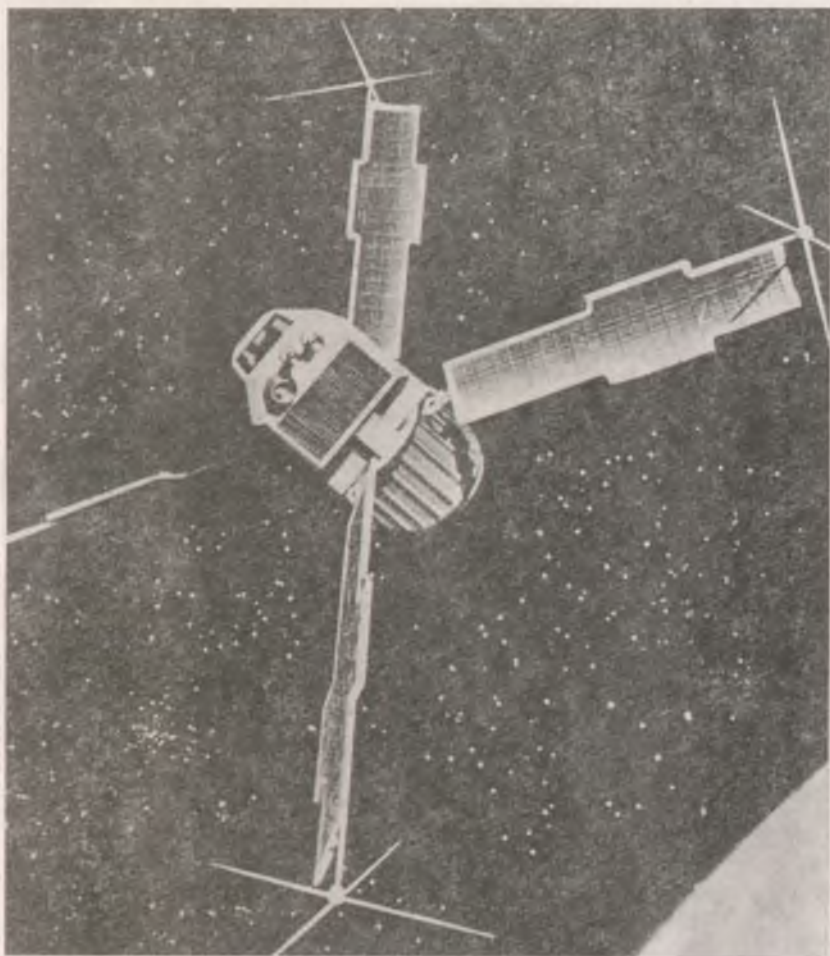
Későbbi vizsgálatok során az *OSO—7* (a hetedik Orbiting Satellite Observatory) változást tapasztalt a röntgenfluxusban. Az *OSO—7* fedélzetén a neon, illetve az argon töltésű proporcionális számlálók az  $1,6 \times 10^{-16}$  —  $9,6 \times 10^{-16}$  J és  $4,8 \times 10^{-16}$  —  $16 \times 10^{-16}$  J (1–6 keV és 3–10 keV) tartományban mértek,  $1^\circ$ -os és  $3^\circ$ -os kollimációval.

A műhold adatainak elemzéséből az adódott, hogy az NGC 7078 = M15 jelű gömbhalmazt (4. ábra) részben fedi a 90%-os valószínűségű hibataromány; ez ebben az esetben  $0,18$  négyzetfok volt, kisebb, mint az *UHURU*-nak a röntgenforrásra vonatkozó hibanégyszöge, amely szintén tartalmazza a gömbhalmazt (lásd az 5. ábrát). A röntgenintenzitás egy 500 napos vizsgálati időszakban mintegy kétszeresével változott. Az átlagos röntgenluminozitás:  $3,7 \cdot 10^{29}$  J/s; viszonylag „gyenge” a forrás. Távolága  $10,5$  kpc.

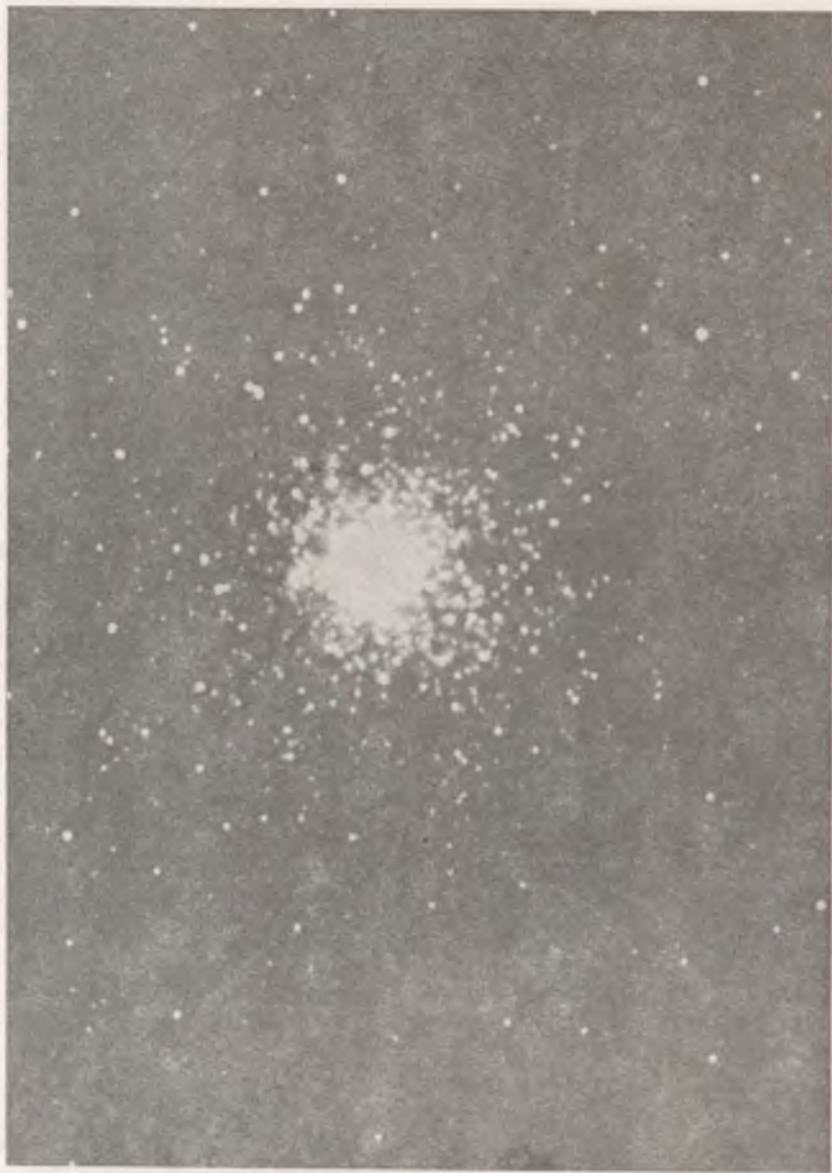
Ez a gömbhalmaz már a Messier-katalógusban is szerepel, tehát nagy optikai múltja van. Ekvatoriális koordinátái:  $\alpha = 21^h 27^m, 6$ ;  $\delta = +11^\circ 57'$  (1950), galaktikus szélessége  $b^{\text{II}} = -28^\circ$ , tehát az intersztelláris abszorpció nem számottevő. Tömöttsége a Shapley—Sawyer-féle osztályozás szerint IV. fokozatú\*\*.

\* Az *UHURU* az USA mesterséges holdja. 1970. december 12-én lőtték fel Kenya állam óceáni partvidékén, az ország függetlenségének hetedik évfordulóján. A hold neve szuahéli nyelven: szabadság.

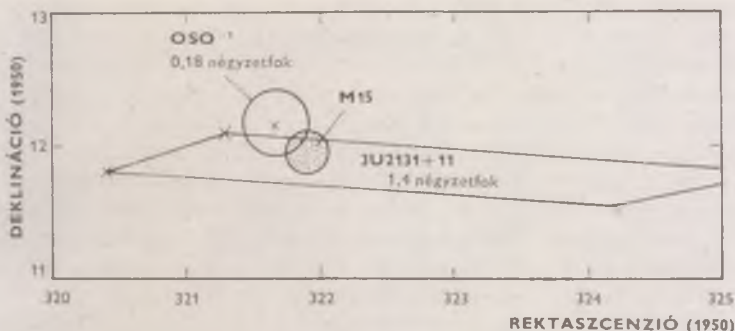
\*\* 12 fokozat van, amelybe a gömbhalmazokat tömötségük alapján besorolják. A legkompaktabbak I jelűek. A cikkben szereplő sugárforrások közt a leglazább is csak VI jelű (bővebben lásd a táblázatot), kivéve az NGC 6712-t (lásd ott)!!



3. ábra. Az UHURU: először tette az eget röntgenfényben is láthatóvá. Lassú forgó mozgása során két detektora fogja fel a különböző irányokból érkező röntgensugárzást. (NASA)



4. ábra. Az  $M15 = NGC\ 7078$  gömbhalmaz fényképe a piszkés-tetői 1 m-es távcsővel készült, a szerző felvétele



5. ábra. Az M15-höz rendelhető röntgenforrás az UHURU és az OSO—7 mérései szerint

Jó helyzetének köszönhető, hogy az északi félteke számos csillagvizsgálójának megfigyelési programjában régóta szerepelt. A múlt század végén Bailey felvette a Harvard Observatóriumban a gömbhalmazok vizsgálatára indított programjába, és akkor mintegy 60 RR Lyrae típusú változót, meg egy cefeidát fedezett fel benne. Mire a halmaz röntgensugárzó volta kiderült, az ismert RR Lyrae változók száma 110-re emelkedett, és egy planetáris ködöt is találtak benne. Ismeretes Hertzsprung—Russell diagramja, integrált fényessége, színképtípusa. A csillagfejlődés szempontjából fontos RR Lyrae változók vizsgálatára rengeteg felvétel készült. Többek között hatalmas fotografikus anyag gyűlt össze Budapesten is — DETRE LÁSZLÓ akadémikus kezdeményezésére — az MTA Csillagvizsgáló 60 cm-es Newton-teleszkópjával a Szabadsághegyen, és a Piskésten felállított 1 m-es távcsővel.

### 3U 1820 —30 és az NGC 6624

Ez egy igen fényes röntgenforrás. Százszorta erősebben sugároz, mint a többi, gömbhalmazzal kapcsolatos források; luminozitása  $10^{31}$  J/s nagyságrendű.

Az OSO—7 hold vizsgálta részletesen 1972-ben.  $\pm 1^\circ$  pontossággal megállapította pozícióját: a forrás csaknem pontosan egybeesik az NGC 6624 gömbhalmaz közepével. A halmaz és a röntgenforrás véletlen egybeesésének valószínűsége kisebb mint  $10^{-4}$ .

Az OSO—7 fedélzetén az MIT (Massachusetts Institute of Technology) detektorai az  $1,6\text{--}2,4 \times$ ;  $1,6\text{--}9,6 \times$ ;  $4,8\text{--}16 \times$  és az  $24\text{--}64 \times 10^{-10}$  J-os ( $1\text{--}1,5$ ;  $1\text{--}6$ ;  $3\text{--}10$  és  $15\text{--}40$  keV) energiasávban  $1^\circ$  és  $3^\circ$  kollimációval,



3 perces minimális időbeli felbontással mérték. A röntgenintenzitást kb. ötös faktor erejéig találták változónak 10 hónap alatt, periodicitást nem figyeltek meg. A sugárzás változékony volta arra utal, hogy *egyetlen objektum* a röntgenforrás. Több változó forrás közömbösítené egymást.

Későbbi vizsgálatok az *ANS* és a *SAS*—3 mesterséges holdakkal kimutatták, hogy ez a röntgenforrás *burster*. Az *ANS* igen nagy energiájú, néhány másodperces kitörést észlelt 1975 szeptemberében. A *SAS*—3-mal végzett megfigyeléssorozat is több kitörést regisztrált, 1975 májusában, szeptemberében és 1976 januárjában. Ez utóbbi (8 napra tervezett) megfigyelés első 4 napján 22 kitörés volt! Szigorú periodikusságot nem lehet kimutatni, de egy  $\sim 1,82$  napos szakaszosság szembetűnő. A flertevékenység idején az alap röntgenfluxus mindig lecsökkent. A nagyobb fluxusú időszakokban nem fordult elő kitörés.

A „klasszikus” értelemben vett optikai vizsgálatok ezzel a halmazzal ( $\alpha = 18^h 20^m 5^s$ ;  $\delta = -30^\circ 23'$ ) mostohan bántak. Bizonyára közrejátszott ebben nagy negatív deklinációja és a Galaxis síkjához való közelsége is ( $b^{\text{II}} = -8^\circ$ ). H. SAWYER 1972-ben kiadott gömbhalmaz-katalógusában az áll, hogy 4 változócsillag ismeretes benne, periódusuk azonban még ismeretlen. FOURCADE és LABORDE talált ugyan 29 változót, de ezekről később kiderült, hogy mezőcsillagoknak kell tartanunk őket. A halmaz színképtípusa G5. A feltűnően erős röntgenforrással való azonosítás nagy ösztönzést jelentett az optikai vizsgálatokra. 1975 júniusában az izraeli Wise Obszervatórium 1 m-es távcsövéen felvételek készültek (NETA A. BAHCALL) igen rövid ( $0^m 5$ ,  $1^m$ ,  $2^m$ ,  $5^m$  és  $15^m$ ) expozíciós időkkel. Az egy és két perces lemezen a halmaz közepének egyes részei — a legfényesebb csillagok — világosan feloldva látszóttak, azonban határozottan elkülönült egy fényes, fel nem oldott rész, amelyet *R tartomány*nak neveztek el (6. ábra); átmérője  $4''$ , abszolút vizuális fényességét (ha a halmaz távolsága 10 kpc)  $-3,5^M$ -nak mérték. Ez a tartomány nincs a gömbhalmaz geometriai középpontjában ( $\alpha = 18^h 20^m 27,8^s$ ;  $\delta = -30^\circ 23' 11''$ ), de igen közel van a *SAS*—3 hibatarományának középpontjához.

Még ugyanebben az évben *optikai, infravörös, rádió- és röntgenvizsgálatok* végzett egy kutatócsoport, különös tekintettel a rejtélyes *R tartomány*ra. A Lunar and Planetary Laboratory (Arizona) 1 m-es távcsövére szerelt vidicon-kamerával felvételsorozat készült — az expozíció ideje 4 és 512 másodperc között volt változtatható. Ugyanennek az intézetnek 1,5 m-es Cassegrain-távcsövével végezték az infravörös fotometriát. Mind az optikai mind az infravörös hullámsávban kiterjedt területre utaló emissziót találtak az *R tartomány*on belül. Egy 3400 K-es fekete test sugárzása jól közelíti az intenzitáseloszlást. Fényes vörös óriásokat tételezhetünk fel itt. Rádiósugárzást nem sikerült kimutatni. A röntgenmegfigyeléseket az *OAO*—C (Orbiting Astronomical Observatory—Copernicus) mesterséges hold végezte;  $4,5-13,8 \times 10^{-16}$  J (2,8—8,6 keV) közötti



6. ábra. Az ún. R tartomány az NGC 6624 közepén

7. ábra. Az NGC 6624 közepe a Cerro Tololo-i 4 m-es távcső látómezejében fényes vörös óriásokra bomlik (W. Liller felvétele). A csillagok sűrűsége itt mintegy milliószorta nagyobb, mint a Nap környezetében

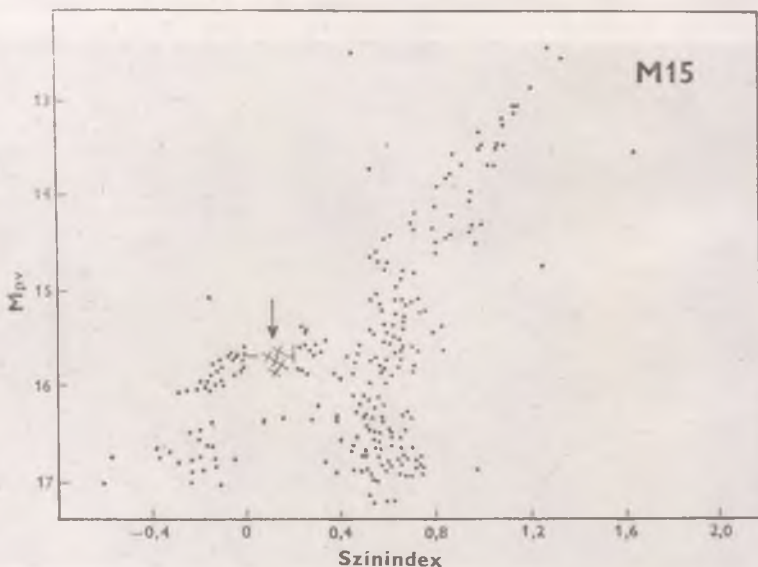


hat csatornán. Sajnos egy igen erős kitörés ideje alatt (ezt más holdnak sikerült észlelnie) a Copernicus megfigyelésre kedvezőtlen helyzetben volt.

1976—77-ben Chilében, a CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory) 4 m-es távcsövével U, B, V, R, I, és  $H_\alpha$  tartományban *fotografikus, fotometriai és spektroszkópai vizsgálatokat* végeztek a halmaz központi részén (7. ábra). Eltekintve bizonyos  $H_\alpha$  sugárzási többlettől, a halmaz közepe semmi különös viselkedést nem mutatott. Rendkívül sűrű, de különben teljesen normális, színe és spektruma megegyező a halmaz többi részével. Megszervezték az *egyidejű optikai és röntgenmegfigyeléseket*; de ebben az időszakban nem volt kitörés!

A Harvard—Smithsonian Asztrofizikai Központ munkatársai 1976 nyarán felvételeket készítettek a CTIO 1 m-es Yale-reflektorával, és ezek kimérésével elkészítették a halmaz HR-diagramját. Meghatározták a vörösödést és pontosították a távolságot:  $d = 8,3 \pm 1,2$  kpc. A HR-diagram horizontális ága igen nagy (a 47 Tuc-éval összemérhető) fémtartalomra utal, és szerkezete — nincs RR Lyrae rés! — csaknem lehetetlennek mutatja az RR Lyrae változók jelenlétét a halmazban (8. ábra).

8/a. ábra. Az M15 Hertzsprung—Russell diagramja. A horizontális ágban jól látható az ún. RR Lyrae rés

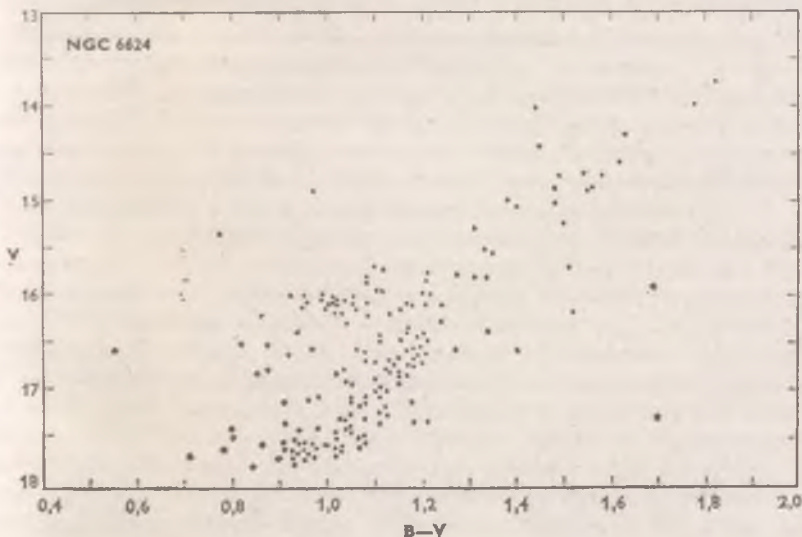


Az OSO—7 mesterséges holdnak az MIT detektoraival nyert adataiból ún. *kumulatív térképek* készültek, úgy, hogy 8 napos megfigyelési szakaszok adatait sorra összegezték. Egyik ilyen kumulatív térképen látható volt ez a sugárforrás, s helyzetét és átlagos intenzitását is sikerült meghatározni ( $\alpha = 5^h 13^m 4 \pm 0^m 7$ ;  $\delta = -40^\circ 6' \pm 8'$ ). Galaktikus szélessége:  $b^{\text{II}} = -34^\circ 9$ . Megtartva az UHURU jelölési rendszerét (és kifejezésre juttatva azt, hogy ez az MIT röntgenprogramja), a forrás az MX 0513 —40 jelölést kapta.

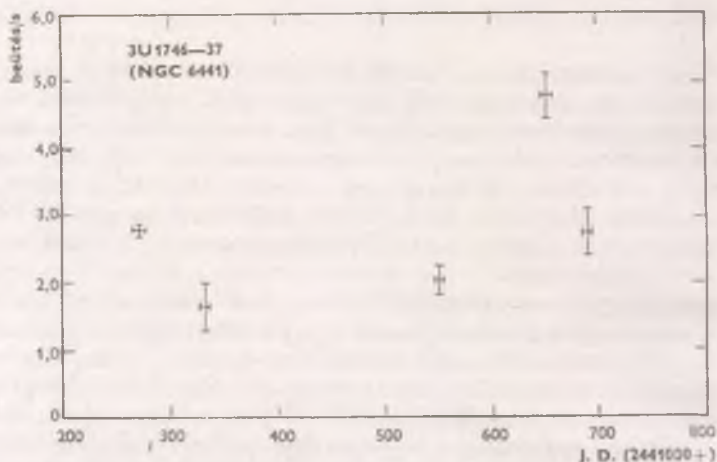
Változó, de *gyenge* sugárforrás (9/b. ábra). Ezért az egyes megfigyelések adatait nem sikerült elemezni, hanem átlagos intenzitásokat határoztak meg. Egy 16 napos megfigyelési szakaszban az intenzitásban több mint ötszörös változást lehetett kimutatni. Az  $1,6-16 \times 10^{-10}$  J-os (1—10 keV-es) energiatartományban (ahol az OSO—7 már említett neon-, illetve argon detektorai működtek) a sugárzás igen kemény, összehasonlítva pl. a Rák-köd röntgenszínképével.

8/b. ábra. Az NGC 6624 HRD-je. A horizontális ágon hiányzik a jellegzetes rés az RR Lyraek számára

A horizontális ág szerkezete igen lényeges. A fejlődés során ide jutó csillagok tömegvesztése feltétlenül hozzájárul az esetleges fekete lyuk anyagutánpótlásához az akkréciós gyűrűben



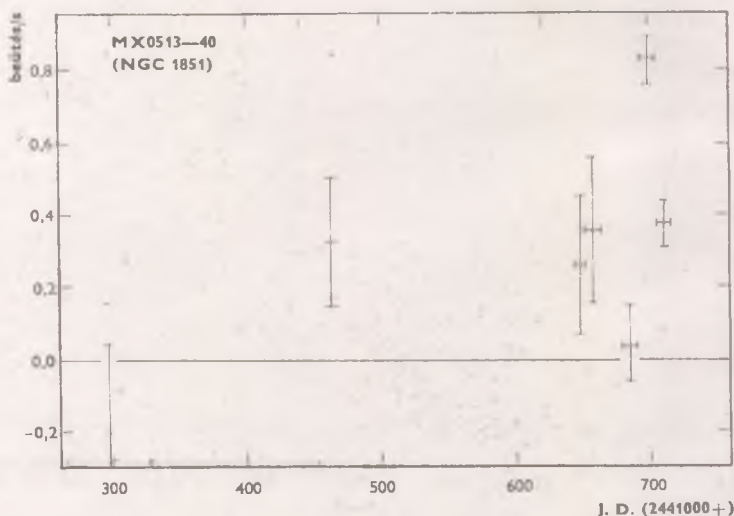




9/a. ábra. Az NGC 6441-hez rendelt röntgenforrás „fénygörbéjének” egy szakasza (OSO—7 megfigyelés)

9/b. ábra. Az NGC 1851-gyel kapcsolatos röntgenforrás röntgen-fénygörbéjének egy részlete (az OSO—7 megfigyelése)

A röntgen-fénygörbékől lényeges információt lehetne nyerni a forrás mibenlétére vonatkozóan. Periodikus vagy éppen a fedési ketősökre jellemző fénygörbe egyértelműen a kaptációs kettős modell mellett döntene. Egyelőre nincs elegendő megfigyelés ahhoz, hogy ezek alapján lehetne választani az elméletek között



Az NGC 1851 jelű gömbhalmaz belül van a forrás 90%-os valószínűségű hibatartományán, és  $2^\circ$ -os körzetben nincs más olyan objektum, ami azonosításra szóba jöhetne. Az NGC 1851 ( $\alpha = 05^h 12^m 4^s$ ;  $\delta = -40^\circ 05'$ ) bár igen fényes, kompakt (II. osztályú), jellegzetes gömbhalmaz, optikai vizsgálatok szempontjából elhanyagolt volt — bizonyára azért, mert a déli égbolton van. Integrált színepe F7, radiális sebessége 309 km/s. Távolságát (9,5 kpc) 1971-ben határozták meg, úgy, hogy HR-diagramja óriáságát hozzáillesztették a megfelelő fémtartalmú, alaposabban vizsgált gömbhalmazok óriáságaihoz. Ilyen távolságban röntgenluminózitására  $5 \times 10^{29}$  J/s adódott. Az ANS műhold 1976 tavaszán 16 gömbhalmazt felölelő programjában újra vizsgálta az MX 0513—40-et. Röntgenluminózitására  $0,41 \times 10^{29}$  J/s-ot kapott, és megerősítette a színekép „kemény” voltát.

A Sawyer-féle gömbhalmaz-katalógus legutóbbi (1973) kiadása 10 változócsillagot tüntet fel benne, de a periódusok — és így a változók fajtái — nem ismeretesek.

1976-ban N. Bahcall (Princeton Egyetem), LASKER (CTIO) és WAMSTEKER (ESO) a Cerro Tololo Obszervatórium 4 m-es távcsövével nagy felbontású, rövid (1, 3, 9 és 27 másodperces) expozíciójú felvételeket készített. A vizsgálatok menete igen hasonló volt, mint az NGC 6624 középponti része esetében. A 3 másodperces felvételen világosan megmutatkozott egy *összefüggő, fényes terület*, ennek átmérője  $2''$ , és  $2''$ -cel délre van a halmaz szimmetria középpontjától. *A csillagszámlálások útján meghatározott sűrűség meredeken nő a középpont felé, meredekebben, mint ahogy a felületi fényesség mérése mutatja.* A halmaz magja  $4''$  átmérőjű, a középponti sűrűség  $3 \times 10^5 M_\odot$  köbparszekenként. Valószínű, hogy ez a rész fényes vörös óriáscsillagok sűrű csoportja.

Az elméleti asztrofizikusok — ahogy ezt a későbbiekben látni fogjuk — azt gyanítják, hogy a röntgenforrások a gömbhalmazok központi részén, pontosabban egy  $1''$  átmérőjű részben találhatók. Érdekes és megdöbbentő elméletek születtek az itt elhelyezkedő fekete lyukakról, amelyeknek közelében a befelé zuhanó anyag röntgensugárzást keltene.

1977-ben az Oxfordi Egyetem két munkatársa, BOLTON és MALLIA azonban jóval arrébb, *a halmaz központi részétől  $3''$ -cel kijebb*, de a hibatartományon belül, vélte megtalálni az NGC 1851-beli röntgenforrást.

Radiális sebessége alapján a halmazhoz tartozik egy UV5 jelzésű, B színeképtípusú csillag, amely alkalmanként  $H_\beta$ -emissziót mutat. Az UV5 tulajdonságai megegyeznek a galaktikus röntgenforrások tulajdonságaival. Igen fényes, fejlődése előrchaladott szakaszában levő B színképi csillag. Várható tehát, hogy tömeget veszít: a  $H_\beta$ -emisszió is anyagkiáramlásra utal. Radiális sebessége változó, valószínű egy kb. 15 napos periódus, abból adódóan, hogy ez a csillag egy szorosan érintkező kettős rendszer látható tagja. A kemény röntgensugárzás azzal ma-

gyarázható, hogy a B csillagról kiáramló anyag a kollapszust szenvedett sötét komponensre hullik. Lehetséges tömegek:  $M_1 < 0,5 M_\odot$ ;  $M_2 < 1 M_\odot$ .

### *Az MXB 1730—335 és a LILLER 1*

története igen kalandos. 1976 januárjában a SAS—3 kutatócsoport megfigyelte az NGC 6624-ben levő 3U 1820—30 röntgenforrást. Összetett detektorrendszert használtak, a látómező közepén volt az NGC 6624. A detektorrendszer *egy része* váratlanul kitörést jelzett! Ez nem jöhetett a gömbhalmazból, mert akkor *valamennyi* detektor jelzett volna. Most viszont egy olyan detektor szólalt meg, amely éppen a Galaxis központi részét pásztázta.

A következő megfigyelési program során, amely a GX1+4 röntgen-csillagra irányult, a detektorrendszer egyes részei ugyanesak burstereket jeleztek. Közülük egyesek szintén a Galaxis központjának tájékáról jöttek. Ekkor a SAS—3 észlelő műszereit a Tejútrendszer központjára irányították, és  $0,2^\circ$ -nyi távolságban *három új burstert* találtak.

Az említett váratlan jelzések alapján még egy negyediket is gyanítani lehetett a Galaxis középpontjától mintegy  $5^\circ$ -os távolságra. A műszereket ebbe az irányba állítva megtalálták azt a forrást is, amely hatalmas megdöbbenést okozott a lassú bursterekhez szokott kutatóknak: a géppuska ropogásához hasonló kitöréssorozatot jeleztek a detektorok, amelyet csak 10 másodperces szünetek szakítottak meg!

A felfedezést követően két hónapig figyelték ezt a különös objektumot, amely az MXB 1730—335 jelölést kapta.  $5'$ -es pontossággal meghatározták pozícióját is. Bár a kitörések rendkívül változatos lefolyásúak voltak, hamarosan szabályosság is mutatkozott bennük. Látni lehetett, hogy a nagyobb energiájú kitöréseket hosszabb szünetek követik — az összefüggés nagyjából lineáris.

Ez a gyors burster lényegében úgy viselkedik, mint pl. egy villanólámpával működő *relaxációs oszcillátor*, amelynek a gyújtási feszültsége állandó, de különböző feszültségekig tud kisélni. Minél *kisebb* feszültségen hagyja abba a kisélest, annál *több idő* szükséges ahhoz, hogy feltöltődve újból elérje a gyújtási feszültséget.

Miután a röntgenforrás helyzete ismertté vált, WILLIAM LILLER, a Harvard College Obszervatórium munkatársa a CTIO frissen üzembe helyezett 4 m-es távcsövével az optikai azonosításhoz fogott. Hosszú expozícióval készült, vörösré érzékeny lemezen halvány, ködszerű objektumot talált a megadott helyen, a gyors burster hibatartományán belül. Következtetése az volt, hogy ez valószínűleg egy *eddig még ismeretlen*, az interstelláris porfelhők által erősen eltakart, *nehezen látható gömbhalmaz*. Az ezt követő infravörös megfigyelések igazolták feltevését.

Ebben az esetben tehát a röntgensugárzás volt az, amely a gömbhalmaz „optikai” felfedezéséhez vezetett. Egy röntgensugárzó gömbhalmaz ritka jelenség ugyan, de azért nincs mindegyiknek valami egzotikus vagy meglepő tulajdonsága.

### *A 3U 1746 —37 és az NGC 6441*

gömbhalmaz elég „szürke” tagja a röntgenforrásoknak. Az UHURU fedezte fel. A már többször említett OSO—7 hold pedig az MIT-detektorokkal figyelte (9/a ábra).

A forrás elég zsúfolt területen van, közel a Galaxis középpontjához. Ezért, hogy a sugárzás irányát egyértelműen mérhessék, csak az  $1^\circ$ -os kollimációjú detektorral követték, így viszont csak jelentősen (kb.  $9\times$ ) kisebb expozícióval dolgozhattak, nagyobb lett a holtidő. Több független mérés eredményeként az adódott, hogy a forrás és a gömbhalmaz belül van a 90%-os valószínűségű hibatartományon, de ez ebben az esetben lényegesen nagyobb területű, mint az UHURU-é volt. A mérések szerint a forrás változó intenzitású. Távolságát 10 kpc-nak véve  $2,1 \times 10^{30}$  J/s-os röntgenluminozitás adódik.

A 4. UHURU-katalógusban szintén szerepel, változatlan adatokkal. A Sawyer-katalógus 10 változócsillagot jelez benne, ezeket Fourcade és Laborde fedezték fel a hatvanas években, közelebbi adat nincs róluk. ( $\alpha = 17^h 46^m 8^s$ ;  $\delta = -37^\circ 02'$ ).

1976—77-ben S. VAN DEN BERGH a CTIO 1,5 m-es távcsövével 5 jól megfigyelhető röntgensugárzó gömbhalmaz UBV-fotometriáját végezte el, köztük volt az NGC 6441 is. Valamennyi halmaz központi részét egy kicsit vörösebbnek találta, de nem adódott statisztikusan jellemző (szignifikáns) színkülönbség a halmaz középpontja és külső része között.

Elég kevésbé ismert az

### *MX 1746 —20 = 4U 1743 —19, vagyis az NGC 6440*

röntgensugárzó gömbhalmaz is. Kétféle jelöléséből látható, hogy az OSO—7 megadta pozíciót az UHURU kissé pontosította.

A Sawyer-katalógus a koordinátákon ( $\alpha = 17^h 45^m 9^s$ ;  $\delta = -20^\circ 21'$ ) kívül egyéb adatot nem közöl. Van den Bergh előbb említett munkájában szintén vizsgálta, s hasonló eredményt kapott, mint az NGC 6441 esetében.

1976 márciusában az ANS-holddal 16 gömbhalmaz röntgenvizsgálatát tűzték ki programul. E felmérés során újabb sugárforrást ugyan nem találtak, de méréseket végeztek az NGC 6440-en is, és  $0,18 \times 10^{29}$  J/s-os röntgenluminozitást mutattak ki. Ez a gömbhalmaz nem könnyen mérhető, mert *tranzien*s, vagyis átmeneti sugárforrás. Az UHURU-felmérések



készítőinek meghatározása szerint azokat a forrásokat tekintik ilyennek, amelyek az UHURU mérési idejének legalább 50%-ában a detektálhatóság határa alatt vannak. Az UHURU a maximális és a minimális intenzitás arányát 15-nél nagyobboknak mérte. Ez feltűnően nagy mértékű változás.

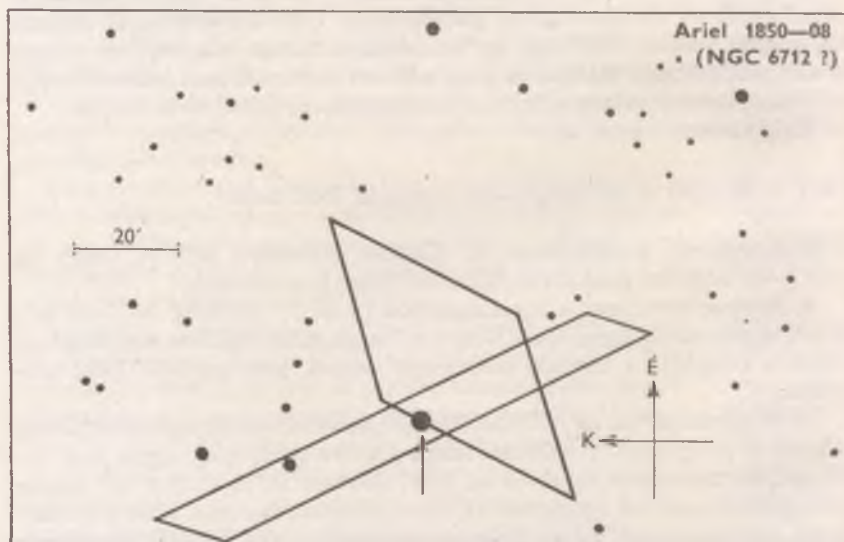
Pontosabb helyzetmeghatározással lehetne csak eldönteni, hogy a sugárforrás a halmaz melyik részén van.

*Ariel 1850 —08 = NGC 6712 (?)*

Az NGC 6712 gömbhalmazt ( $\alpha = 18^h50^m3$ ;  $\delta = -08^\circ47'$ ) az 50-es évek óta vizsgálják behatóbban az optikai tartományban. 21 változócsillaga ismert, ebből 16-nak periódusát is meghatározták; 10 RR Lyrae, 6 pedig 100 napnál hosszabb periódusú változó. Semmivel nem tűnt ki, sem változónak nagy számával, sem pedig teljes hiányukkal. Említést érdemel, hogy igen „laza” gömbhalmaz, a Shapley—Sawyer-féle osztályozás szerint XI-es tömörségű!

A gömbhalmaz röntgensugárzását az 1974. október 15-én felbocsátott *Ariel—5* mesterséges hold fedezte fel felmérő programja során, amikor a

10. ábra. Az *Ariel—5* (rombusz alakú) és az UHURU (hosszú keskeny téglalap) 90%-os valószínűségű hibanégyszöge. Az utóbbi tartalmazza az NGC 6712 gömbhalmazt (nyíl)



Galaxis síkja mentén  $10^\circ$ -os szélességben a  $20^\circ$ — $55^\circ$ -ig terjedő galaktikus hosszúságon pásztázta a röntgenforrásokat.

Pontosabban, ehhez az azonosításhoz fért némi kétség, mert ez igen zsúfolt terület (a halmaz  $4^\circ$ -ra van a Galaxis síkjától), több halmaz és szupernóvaradvány van benne, és ezért nagy a röntgenforrás és valamely optikai objektum véletlen egybeesésének valószínűsége. Feltéve, hogy az azonosítás helyes, 6 kpc-nek véve az NGC 6712 távolságát,  $2 \times 10^{29}$  J/s luminozitást mért az Ariel a  $3,2$ — $16 \times 10^{-16}$  J ( $2$ — $10$  keV) tartományban.

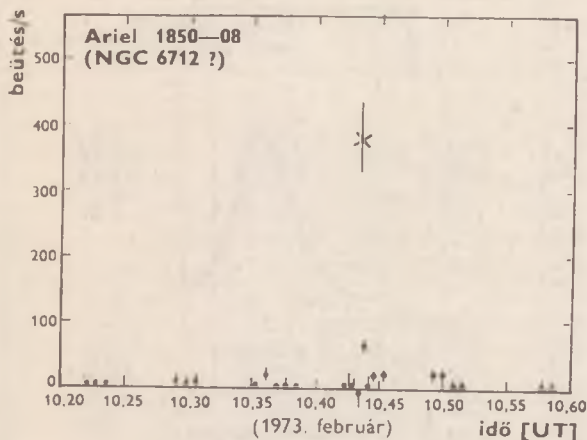
Ezt a felfedezést az UHURU régebbi, 1971 februárja és 1973 márciusa közötti megfigyeléseivel hasonlították össze. Az egyesített UHURU-Ariel hibatartományt figyelembe véve (10. ábra) a véletlen egybeesés valószínűsége  $2,5 \times 10^{-4}$ -re csökkent, és ez már alátámasztja, hogy mégis jó lehetett az azonosítás: a röntgensugárzás a halmazból jön.

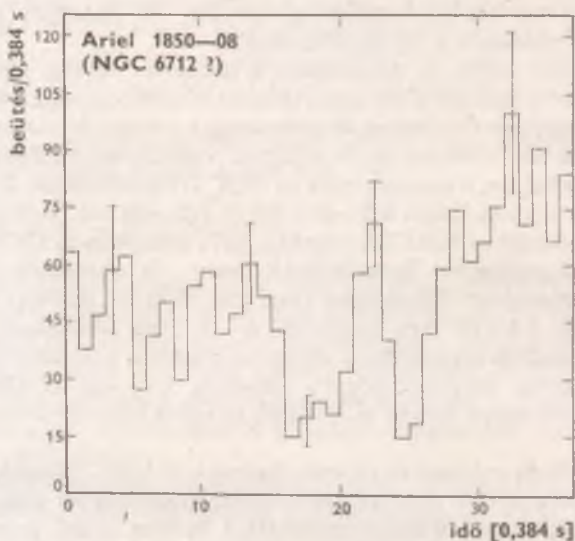
Meg kell ugyan jegyezni, hogy a közelben van egy U Gem típusú rendszer és két fedési kettős is, közülük az egyik biztosan nem a halmaz tagja.

A fő problémát mégsem ez okozza, hanem a halmaz „lazasága”. Eddig olyan elméletek születtek, hogy a röntgensugárzás csakis tömör gömbhalmazok nagy sűrűségű, kisméretű központjából jöhet, és nem tudni, hogy ez a kiterjedt központi részű halmaz hogyan illik bele a fenti képbe!

1973. február 10-én az UHURU nagy flert észlelt a sugárforrásban (11., 12. ábra). (A fler egyedi kitörés, míg a *burster* folyamatosan produ-

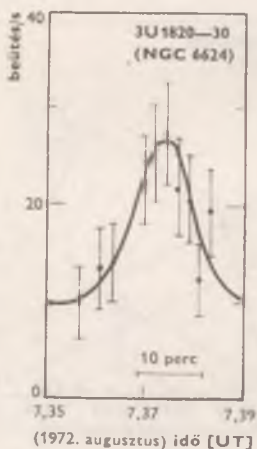
11. ábra. Az Ariel 1850—08 röntgen-fénygörbéje 1973. február 10-én, amikor egy nagy flert figyeltek meg. A kétféle jelölés kétféle kollimációval végzett méréseket jelent





12. ábra. Az 1973. február 10-i fler csúcsa. Az időbeli felbontás itt 0,384 s; ennek köszönhető, hognéhány ymásodperces változások is jól látszanak

13. ábra. A 3U 1820—30 egyik kitörése 1972 augusztusában; az OSO—7 megfigyelése a  $1,6—16 \times 10^{-10}$  J tartományban. Az NGC 6624 egyik kitörése alkalmából 10-15 perc alatt az intenzitás kétszeres növekedését tapasztalják



A röntgenforrások és a gömbhalmazok néhány adata

A rög-forrás és a halmaz neve	A halmaz ekvatoriális koordinátái (1950)	A forrás galaktikus szélessége	A forrás helyzetének bizonytalansága (típerc)	A halmaz központi és teljes átmérője (típerc)	Központi cella- sűrűség ( $10^6$ napfény/pc <sup>3</sup> )	Távolság (kpc)	Változók a halmazban	Integrált színkép	Max. és min. rög- luminozitás ( $10^{36}$ J/s)	A forrás viselkedése	A gömbhalmaz típusa
MX 0513—40 (NGC 1851)	$\alpha = 05^h 12^m 4$ $\delta = -40^\circ 05'$	— 34,9	$\sim 25$	0,3 11	8,5	11	10 változó ?	F7	$< 0,6$ $\sim 5$	burster	II
MX 1746—20 (NGC 6440)	$\alpha = 17^h 45^m 9$ $\delta = -20^\circ 21'$	+ 3	$\sim 15$	0,2 6	30	10(?)	nem ismert	G5	$< 0,5$ $\sim 36$	transziens	
3U 1746—37 (NGC 6441)	$\alpha = 17^h 46^m 8$ $\delta = 37^\circ 02'$	— 5	$\sim 5$	$< 0,4$ 6	10	9,3	10 változó ?	G2	5,3 $\sim 17$	változó	III
3U 1820—30 (NGC 6624)	$\alpha = 18^h 20^m$ $\delta = -30^\circ 23'$	— 7,9	$< 1$	0,3 4	5	6	nem lehet ?	G5	3,7 $\sim 20$	burster	VI
A 1850—08 (NGC 6712)	$\alpha = 18^h 50^m 3$ $\delta = -08^\circ 47'$	— 6	$\sim 8$	1,6 $< 6$	0,15	6,8	10 RR Lyr. 6 hosszúság. összesen : 21	G5	$< 0,7$ $\sim 4$	burster	XI
3U 2131+11 (NGC 7078)	$\alpha = 21^h 27^m 6$ $\delta = +11^\circ 57'$	— 21,1	$< 1$	0,3 9	9	10	111 RR Lyr. 1 cefeida	F2	0,8 $\sim 3,3$	változó	IV
MXB 1730— 335 (Liller 1)	?	— 0,1	$< 2$	0,2 $< 1$	40	10	?	?	$< 3$	gyors burster	?



kál kitöréseket.) A flert megelőző intenzitás  $4,6 \pm 1,5$  beütés/másodperc volt. Öt és fél percen belül *negyvenszeres intenzitásnövekedés* következett be, és mintegy tizenhét perc alatt esett le a beütések száma a  $19,7 \pm 3,8$  másodpercenkénti értékre.

A megfelelően választott kollimálás a flert a környező, erős galaktikus röntgenforrásoktól megbízhatóan el tudta különíteni. 6,8 kpc távolságot véve a fler legnagyobb luminozitása  $3,5 \cdot 10^{30}$  J/s volt.

Az NGC 6712 esetleg *átmeneti láncszem lehet a flerező galaktikus röntgenforrásokhoz*, mivel a halmaz flerjének lefolyása sok hasonlóságot mutat ez utóbbiakéval.

A röntgenfler másfelől esetleg egy nagyobb időskálájú burstnek is tekinthető. (13. ábra)

### Miből keletkezik a röntgensugárzás?

Ha azt kérdezzük, miből lesz a röntgensugárzás *galaxisunk korongjában*, akkor a nagyon leegyszerűsített válasz úgy hangzik, hogy a *röntgensugárzás kettős rendszerekben keletkezik*. E kettőscsillagok egyike fejlődése korai állomásain még égeti nukleáris fűtőanyagát, a másik pedig már „kiégett”, nukleáris pályája végére ért.

A fiatal csillagból bizonyos fejlődési szakaszokban anyag áramlik ki, ez gyűrű alakban körülveszi az előregedett komponenst. Ez az ún. *akkréciós gyűrű*. Innen az anyag a sötét kísérőre hullik, és a *becsapódáskor gravitációs energiája termikus röntgensugárzássá alakul*. A kitöréseket — burstöket — az okozhatja, hogy az anyag áramlása időnként megszakad. Később megint felhalmozódik, és hirtelen csapódik a sötét csillagra.

A kettősök „öreg” tagja lehet *fehér törpe*, *neutroncsillag* vagy akár *fekete lyuk*. Az  $1M_{\odot}$ -nyi fehér törpe kb. Föld méretű. Az  $1M_{\odot}$ -nyi neutroncsillag sugara  $\sim 15$  km. A fekete lyukak nehézségi erőtere olyan erős, hogy már a fény sem tud kilépni belőlük. Az  $1M_{\odot}$ -nyi fekete lyuk sugara  $\sim 3$  km. Egy ilyen rendszer meg tudja termelni a röntgen-csillagokban megfigyelt hatalmas energiákat. Viszont ezeknek a röntgenkettősöknek jellegzetes tulajdonsága fiatalságuk; *legfeljebb néhány-szor százmillió évesek!* A gömbhalmazok csillagai jóval öregebbek.

A gömbhalmazok csillagainak kora megegyezik Tejútrendszerünk korával és ez  $\sim 10\text{--}13 \times 10^9$  év. Ezek a legősibb csillagok a protogalaxis gázfelhőjének kialakulása után *az első néhány tízmillió évben keletkeztek*. A köztük levő korkülönbség tehát legfeljebb 1%-át teheti ki teljes életkoruknak. Százmillió éves, „fiatal” csillagok nem lehetnek a gömbhalmazokban!

Mégis, ez a magyarázat a röntgensugárzás keletkezésére annyira meggyőző, hogy szinte kényszerítő erővel ösztönöz arra, hogy a gömbhalmazoknál is valami hasonlót keressünk — mondják az egyik elméleti tábor hívei (G. W. CLARK, PRINGLE, REES, FABIAN és HILLS). Fehér törpék, neutroncsillagok vagy akár fekete lyukak biztosan vannak a gömbhalmazokban, mert a halmazok nagyobb tömegű tagjainak bőven volt idejük a fejlődés végállapotaiba érni, és azt csak kezdeti tömegük szabta meg, hogy melyikbe. Kézenfekvő, hogy ezek számára kell egy partner, amely anyagiáramlása révén létrehozza az akkréciós gyűrűt. Valahogyan szert kell tenni rá, pl. befogással: *kaptációval*.

A kaptációs elméletek érdekesek is, bonyolultak is. Egyik szerint a gömbhalmaz gravitációs csapdaként tekinthető. A másik az atomfizikában előforduló kicserélődési ütközés körülményeit szimulálja egy halmazbeli megöregedett csillagra és két kis tömegű csillagból álló kettős rendszerre vonatkozóan. Mindegyik elmélet megegyezik abban, hogy olyan gömbhalmazokban, ahol a központi sűrűség meghaladja köbparaszekenként a 35 000 csillagot, létrejöhet a befogás. Ez a feltétel könnyen teljesül, hiszen a röntgensugárzó gömbhalmazok éppen a legtömöttebbek közül kerülnek ki.

Elméleti asztrofizikusok egy másik csoportja (J. OSTRICKER, J. BAHCALL, J. SILK és J. ARONS) azon a nézeten van, hogy *a röntgensugárzó gömbhalmazok közepén minden esetben nagy méretű,  $10^2$ – $10^4 M_\odot$  tömegű fekete lyuk van, és az ide hulló anyag gravitációs energiája alakul át röntgensugárzássá.*

Galaxisunk gömbhalmazainak relaxációs ideje olyan rövid ( $< 10^4$  év), hogy jogosan feltételezhetjük: a halmazok minden  $2M_\odot$ -nél nagyobb tagja már a központi részbe süllyedt. Nem tudjuk, hogyan fejlődik a halmaz központi része, de a röntgensugárzás felfedezése azt sugallta, hogy a fekete lyuk a halmaz sűrű közepén több, nagy tömegű, fejlődése végére ért csillag összeolvadásából keletkezhetett, egy hatalmas gravitációs katasztrófa — kollapszus — során. Nem szélsőséges nézet azt feltételezni, hogy galaxisunk legalábbis néhány gömbhalmazában végbement ilyen kozmikus katasztrófa.

Kiszámították, hogy egy ilyen fekete lyuk potenciálgödre elég mély ahhoz, hogy magához vonzza és összetartsa a sztelláris szelekben kiáramló gázt, vagy azt az anyagmennyiséget, amely a halmazbeli csillagok (például a HRD horizontális ágának benépesüléséhez szükséges) tömegvesztesége során felszabadult. Ilyen módon is elő lehet állítani a megfigyelt mértékű röntgenenergiát. Fel kell azonban hívni a figyelmet arra, hogy több öreg csillagnak a halmaz központjában történő összeolvadása olyan *relativisztikus többtest-problémát* jelent, amelynek megoldása rendkívüli matematikai nehézségekkel jár, és még a mai óriás számológépek-

kel sem volt lehetséges ezt a problémát numerikusan végigszámolni. Tehát még nem tudjuk, hogy végbe mehet-e egyáltalán egy ilyen katasztrofászerű összeolvadás.

Csakis további megfigyelési adatok dönthetnének valamelyik elmélet javára.

A cikk végére érve a figyelmes olvasó joggal kérheti számon a nyolcadik gömbhalmaz adatait is, erről azonban (azon kívül, hogy létezik) szinte semmit sem tudunk még. A néhány éve indult HEAO-program keretében tovább folyik a röntgensugárzó gömbhalmazok kutatása is, ennek során fedezték fel a fenti objektumot. Erről cikkünk nyomdába adása után, 1980 júniusában a COSPAR Budapesten tartott konferenciáján lehetett értesülni.





## A SZOVJET—MAGYAR KÖZÖS ŰRREPÜLÉS KÉPEI

1980. május 26-án, moszkvai idő szerint 21 óra 20 perckor, budapesti idő szerint 20 óra 20 perckor a Szovjetunióban felbocsátották a Szozuz—36 űrhajót. Az űrhajón tartózkodó nemzetközi személyzet parancsnoka Valerij Kubászov, a Szovjetunió űrhajós pilótája; kutató űrhajósa Farkas Bertalan, a Magyar Népköztársaság állampolgára. A Szozuz—36 űrhajó a tervek szerint összekapcsolódik a Szaljut—6—Szozuz—35 űrkomplexummal, s ezt követően együttes kutatómunka kezdődik Leonyid Popov és Valerij Rjumin űrhajósokkal . . . (Részlet a TASSZ és az MTI közleményéből).

A történet 1976-ban kezdődött, a második Interkozmosz egyezmény aláírásával, értelmében a közreműködő szocialista országok egy-egy űrhajósa a rákövetkező években Szozuz űrhajón és Szaljut űrállomáson hajthat végre űrrepülést. 1977 a kiválasztás éve volt. A nagy fizikai és szellemi igénybevételt jelentő űrrepülésre a legedzettebbek, a vadászpilóták közül kellett a két legjobbat kijelölni. A többszakaszos, szűrési teszt-sorozat végén Farkas Bertalan és Magyarai Béla századosokra esett a MN Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézet s a J. A. Gagarin Űrhajós-kiképző Központ szakembereinek választása.







1978-ban a két magyar fiatalember megkezdte a felkészülést, s több mint kétéves kemény munka: sok-sok tanulás és edzés következett Csillagvárosban.

Az űreszközök közül a legalaposabban a Szojuz űrhajót tanulmányozták, mert ez a pályarájutás és a visszatérés eszköze. Szükség esetén bármelyik űrhajósnak egyedül is biztosítani kell tudnia az űrhajó normális repülését, leszállását. A Központ nagy Szojuz-szimulátorában (1) gyakorolták a repülési program minden szakaszát: az indulástól a pályamanővereken át a leszállásig. Az űrrandevű és az összekapcsolás alapvetően fontos műveleteit tanulták meg a kisebb Szojuz-szimulátorban (2), amelyet külön erre a feladatra szakosítottak. Az általános kondíció fenntartása mellett (repülőgép-vezetés, ejtőernyős ugrások, specializált tornaeszközök használata stb.) a különleges körülmények elviselésére is felkészítették az űrhajósjelölteket: a váratlan terepen (vízen, őserdőben, sivatagban stb.) történő leszállásra, a súlytalanságra, a fel-, illetve leszállás közben fellépő nagy túlterhelésre. A túlterhelés elviselését rendszeresen gyakorolták az *életleni centrifuga* kabinjában (3).



A felkészülés alatt a két magyar űrhajósjelölt szovjet párjával együtt hajtotta végre az edzéseket: Farkas Bertalan V. Ny. Kubászovval (4), Magyarai Béla pedig V. A. Dzsanibekovval (5). Az általános képzési részt a speciális követte. Ennek során az űrhajósok megismerkedtek a Szaljut-6 űrállomással, hiszen annak fedélzetén végzik majd hétnapos kutatómunkájukat. A Szaljut-szimulátorban gyakorolták a szovjet és magyar szakemberek által javasolt közös tudományos kísérleteket, az egyes orvosi biológiai berendezések használatát, a Krisztall és Szplav olvasztókemencék üzemeltetését (4) csakúgy, mint a tv-riportok lebonyolítását, valamint a geofizikai és erőforráskutatási megfigyelések végrehajtását, a fénykép- és színeképfelvételek készítését. A szakmai, tudományos program mellett természetesen a normális fedélzeti életéhez tartozó napi programot, a tisztálkodást, az étkezést (5), a tornázást és a hálósáokban történő alvást is az űrállomás-szimulátorban kellett megtanulniuk.





A hosszú készülődés, a megfeszített munka végül is meghozta gyümölcsét: 1980 májusában a csillagvárosi képzés sikeres befejezése, a vizsgák után Farkas Bertalan és V. Ny. Kubászov az első, Magyarai Béla és V. A. Dzsanyibekov pedig a tartalék legénység tagjaként érkezett meg Bajkonur űrrepülőtérrre. Itt néhány napos ismerkedés a valóságos űrhajóval, edzések és akklimatizáció után érkezett el 1980. május 26., a start napja.

Kubászov és Farkas Bertalan egészségi állapotát még egyszer alaposan ellenőrizték a magyar fejlesztésű orvosi műszerkomplexummal a *Diagnosztal*, (ez a vizsgálat egyébként a fedélzeti és földetérés utáni ellenőrzésekkel együtt két orvos-biológiai kísérlet — *Diagnoszt*, *Metabolizm* — szerves része volt), majd szkfanderbe öltöztették őket (6). Az indulás előtt két órával már el kellett foglalniuk helyüket a Szojuz—36 kabinjában. Bajkonurban ekkor végezték a hordozórakéta végső ellenőrzését, a Moszkva melletti Űrrepülésirányító Központ (CUP) pedig felkészült, hogy a pályára állítás után átvegye a teljes ellenőrzést és a repülés vezetését (7).

19<sup>h</sup> 20<sup>m</sup> 39,8<sup>s</sup> (KözEI): a startautomatika által bekapcsolt hajtóművek tolóereje meghaladta a hordozórakéta és űrhajó összsúlyát, azaz a Szojuz—36 rakétája lassan emelkedni kezdett. 1<sup>m</sup> 58<sup>s</sup> múlva 40 km-es magasságban levált az első fokozat négy, oldalsó lépcsője; 51<sup>s</sup>-mal később, 80 km-en az orrvédő kúp; majd 1<sup>m</sup> 58<sup>s</sup> múlva, 170 km-es magasságban lekapcsolódott a második fokozat is. 19<sup>h</sup> 29<sup>m</sup> 28<sup>s</sup>-kor, az indulás után 9,5 perccel — a harmadik fokozat leválásával — kb. 200 km-en pályára állt az űrhajó. Ezután — bár a program öt korrekciót engedélyez — kétszer két pályamódosítással jutott a Szojuz—36 a 150 km-rel magasabbban, s mintegy 10 000 km-es „előnnnyel” keringő Szaljut—6 közelébe. A két űreszköz megközelítésének utolsó 19 km-ét az Igla nevű űrrandevű-automatika vezérelte. Az űrhajósok csak követték az automatika munkáját, de közelépnüik nem kellett. Május 27-én 20<sup>h</sup> 56<sup>m</sup> 6<sup>s</sup>-kor létrejött a mechanikus kapcsolat, majd a többi (elektromos, hidraulikus) rendszer is csatlakozott egymással. Az *összekapcsolás* hermetikusságának ellenőrzése után, május 28-án 0<sup>h</sup> 1<sup>m</sup> 58<sup>s</sup>-kor kinyitották az átjáróajtót (8), és előbb Farkas Bertalan, majd Kubászov is átszállt a Szaljutra.





Az alaplegénység tagjai — L. J. Popov parancsnok és V. V. Rjumin fedélzeti mérnök — nagy örömmel fogadták a vendégeket, akik a következő 6,5 napon munkatársaik lettek az űrállomáson. A Szaljut—6-on töltött első nap folyamán elhelyezték a kísérleti berendezéseket (pl. a *Pille* és az *Integrál* kísérlet sugárzásmérő kapszuláit) a fedélzet kijelölt helyein, alapos orvosi vizsgálatokat végeztek, s megismerkedtek új munkahelyükkel. A második munkanapon a fő program az *űrhajócsere* volt. (Kubá-szov és Farkas a friss Szojuz—36-ot az alaplegénységnek hagyta, és ők a Szojuz—35-tel tértek vissza a Földre!) A két űreszközön levő személyes berendezéseket, a „mó-







retre szabott" üléseket (9), szkafandereket, naplókat, ruhákat stb. ki kellett cserélniük. A költözködést az űrállomáson keresztül valósították meg. A második naptól a hatodik napig fő programjukká a tudományos kísérletek végrehajtása vált. A Szaljut—6 fedélzetén mintegy 21 közös szovjet—magyar (orvos-biológiai, technológiai, erőforráskutatási és műszaki) kísérletet hajtottak végre.

Az orvos-biológiai programból kiemelkedő jelentőségű volt a Balaton és a Pille készülékek felhasználása, valamint az Interferon kísérlet. A Medicor és a ROVKI szakemberei által gyártott *Balaton* nevű műszerrel a szellemi munkavégző-képesség mérhető, oly módon, hogy a berendezés jelzéseire adott válaszból az információfeldolgozó-képesség, a pulzus és bőrellenállás méréséből pedig a vegetatív idegrendszer állapota határozható meg. Mindezeket a funkciókat egy kis, kézi számológépnél nem nagyobb, 0,42 kg tömegű műszerrel lehet mérni és kiértékelni. A *Balaton* műszert Popov és Rjumin is használta (10), sőt a műszer a Szaljut—6 fedélzetén maradt a további vizsgálatok céljára.

A Központi Fizikai Kutató Intézetben készült az az igen kisméretű (1 l térfogatú, 1 kg tömegű) *Pille* elnevezésű termolumineszcens dózismérő, amellyel az űrhajósok



már az űrrepülés alatt megállapíthatják a különböző időszakokban őket ért sugárzás mennyiségét. Ez a berendezés nagymértékben növeli az űrrepülések biztonságát. Külön technikai bravúr volt a mechanikai hatásokra különösen érzékeny műszert hordozó védődoboz megalkotása. A Pille készülék, hasonlóan a Balatonhoz, szintén az űrállomás fedélzetén maradt, és az állandó műszerkészlet részévé vált.

Az *Interferon-kísérletben* az MTA Mikrobiológiai Kutató Csoportjának kutatóit az érdekelte, hogy vírusok elleni védelmet biztosító fehérje (interferon) hogyan viselkedik a súlytalanság állapotában, termelődése esetleg meggyorsul-e a kozmikus körülmények hatására.

A programban néhány korábbi kísérletet is megismételtek: a csehszlovák oxigén-telítettség, a lengyel ízérzékelési és az NDK tervezésű hallásküszöb-vizsgálatokat. Szovjet, csehszlovák, lengyel, NDK-beli és magyar szakemberek által összeállított kérdőív kitöltésével az űrhajósok pillanatnyi pszichológiai állapotát rögzítették. A kozmonauták jó közérzetéhez nagyban hozzájárult a magyar és szovjet televíziósok, pszichológusok által összeállított pihenő—szórakoztató tv-műsor (*Doszug-program*), valamint a speciális magyar ízeket tartalmazó *élelmiszer-vendégsomag*.



A technológiai program tervezett 11 kísérletének kivitelezése még úgysem fért bele Farkas és Kubászov munkaidejébe, hogy az űrhajósok nem aludtak napi 3–6 óránál többet. Az elvégzett hat kísérlethől kettőben a Szplav (11), négyben pedig a Krisztall kemencőt használták. Öt esetben alumínium–réz keveréket olvasztottak, illetve kristályosítottak különféle fűtési–hűtési programok szerint (*Bealuca kísérlet*), egyszer pedig krómmal implantált galliumarzenid félvezető kristályt állítottak elő a Krisztallban (*Ótvös kísérlet*), 1100 °C-ra való fűtéssel, 8 órán keresztül tartó hőntartással és mintegy 5 órás hűtéssel. A technológiai program többi kísérletét az alaplegénység a szovjet–magyar űrrepülés utáni „csendesebb” időkben végezte el, ezek között két félnapos és két több mint egynapos olvasztás is szerepelt.

A műszaki kísérletek egyikében a Szpektr–15K nevű bolgár szinképelemző készülékkel meghatározták az űrállomás egy ablakának szinképi áteresztőképességét. Egy másik kísérletben pedig az egész Szojuz–35–Szaljut–6–Szojuz–36 űrkomplexumot kereszt tengelye irányában a Nap felé fordították, és így mérték a hőhatásra beálló hosszirányú deformációt.





Az erőforráskutatói és geofizikai kísérletekben a Föld-felszín különféle területeit fotózták kézikamerák segítségével, a Földmérési Intézet programja alapján (*Bioszféra—M*), valamint a lemenő és felkelő Nap áthaladó sugarainak tanulmányozásával megfigyelték a légkör szerkezetét. A programban *vízvártás megfigyelések* is szerepeltek, részben a földi, részben a légköri jelenségek vizsgálatára (12). Magyarországot — mivel a hazánk feletti átvonulás idején általában este, illetve éjszaka volt — csak egyszer tudták fényképezni, a kutatási program utolsó napjának hajnalán, s akkor is csak lapos szögben, délről észak felé nézve. Hazánk területének részletes fényképezési programját (az MKF—6 kísérletet), valamint az egyidejű földi mérésekkel kiegészített *Expedíció-programot* az alaplegénység hajtotta végre.

Június 2-án befejezték a tudományos kísérleteket. Másnap már elhelyezték a Szojuz—35-ben a filmeket, az olvasztási kapszulákat és egyéb eredményeket tartalmazó tartályokat, ellenőrizték az űrhajó rendszereit, majd 9<sup>h</sup> 42<sup>m</sup>-kor átszálltak az űrállomásról a Szojuzba, s 9<sup>h</sup> 42<sup>m</sup>-kor bezárták az ajtókat. 12<sup>h</sup> 50<sup>m</sup>-kor *szélváltást* a két rendszert, s a Szojuz—35 eltávolodott a Szaljuttól. Az ismételt ellenőrzések és a szükséges helyzetbeállítás után 15<sup>h</sup> 16<sup>m</sup>-kor a fékezőhajtómű bekapcsolásával megkezdődött a leszállás. Három perc múlva, 347 km-es magasságban kikapcsolt a hajtómű, és az űrhajó egyre jobban belemerült a légkör sűrű rétegeibe, 170 km-es magasságban a leszálló kabinról levált az orbitális és a műszaki egység. A légkör sűrű részébe érés után, 85 km-en, a kabint körülvevő plazmaréteg miatt 15<sup>h</sup> 44<sup>m</sup>-kor 4 percre megszűnt a rádiókapcsolat az űrhajósokkal. 9 km-en (15<sup>h</sup> 53<sup>m</sup>-kor) kinyílt az ejtőernyő, s 16<sup>h</sup> 4<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>-kor a kabin *szerecsénen* földet ért Kazahsztán sivatagos, sztyeppés területén, a 47° 7' szélességen és a 69° 41' keleti hosszúságon, Dzszerkazgantól 140 km-re, DK-re.





Az űrhajósok felkutatására a szovjet űrhajózási kereső-mentőszolgálat 10 repülőgépe, 15 helikoptere és 6 terepjárója állt rendelkezésre. Az oldalán fekvő űrkabinból kimászó Farkas Bertalant és parancsnokát, Valerij Kubászovot a szolgálat specialistái (orvosok és műszakiak), valamint újságírók vették körül (13). Mindkét űrhajós kitűnően viselte az űrrepülés fáradalmait, olyanmire, hogy sajnálták: repülésük csak egy hétig tarthatott.

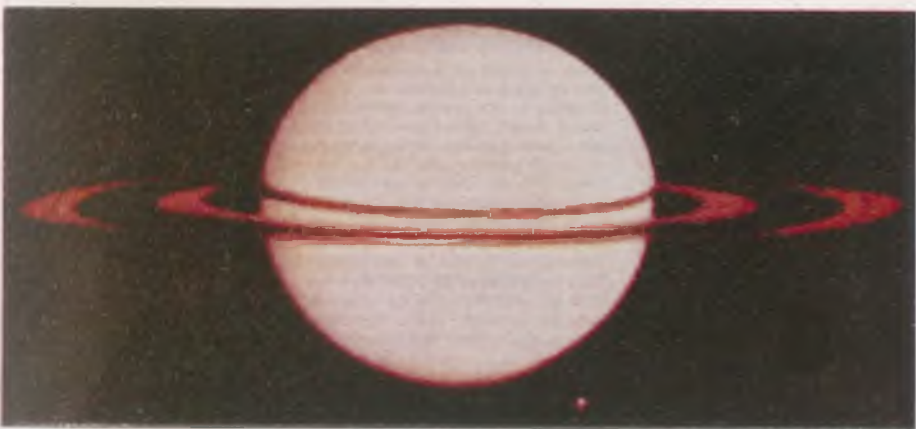
Így vált 1980., az asztronautika 24. esztendeje különös jelentőségűvé a magyar űrkutatás számára: hazánk a Föld nemzeteinek sorában hetedikként küldhette első űrhajósát a világűrbe. Ritka alkalomhoz jutottak ezzel a hazai mérnökök, szakemberek és egy magyar fiatalember. A jelenlegi űrtechnika egyik csúcsát jelentő Szaljut-6 űrállomásra tervezhettek műszereket és tudományos programot, Farkas Bertalan pedig 8 napos űrrepülésével aktív részesévé vált annak a folyamatnak, amely — a kísérletek eredményeinek további vizsgálatokra is inspiráló értékelése után — a világűr békés felhasználását, a kutatások napi életünkben való hasznosítását tűzte ki céljául.

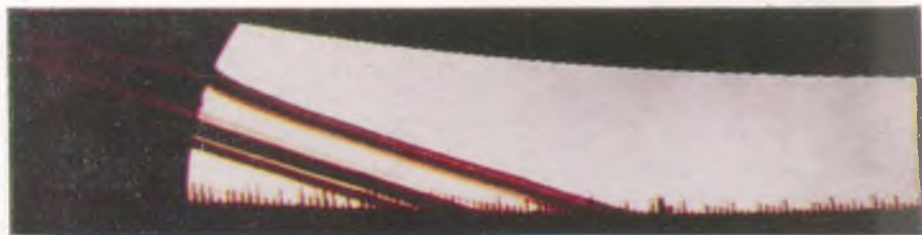
HORVÁTH ANDRÁS



*I. tábla. A Szaturnusz a Földről nézve. (Lunar and Planetary Laboratory)*

*II. tábla. A Pioneer—11 felvétele a Szaturnuszról (NASA)*





III. tábla. A Szaturnusz gyűrűi a Pioneer—11 felvételein

IV. tábla. Fantáziakép az Uránusz gyűrűjéről. Ilyennek képzeltek el a felfedezés után

V. tábla. A „fél-Szaturnusz”.  
A Pioneer—11 felvétele. Ilyen-  
nek a Földről sohasem láthat-  
uk a Szaturnuszt, mivel a  
Föld túl közel van a Naphoz

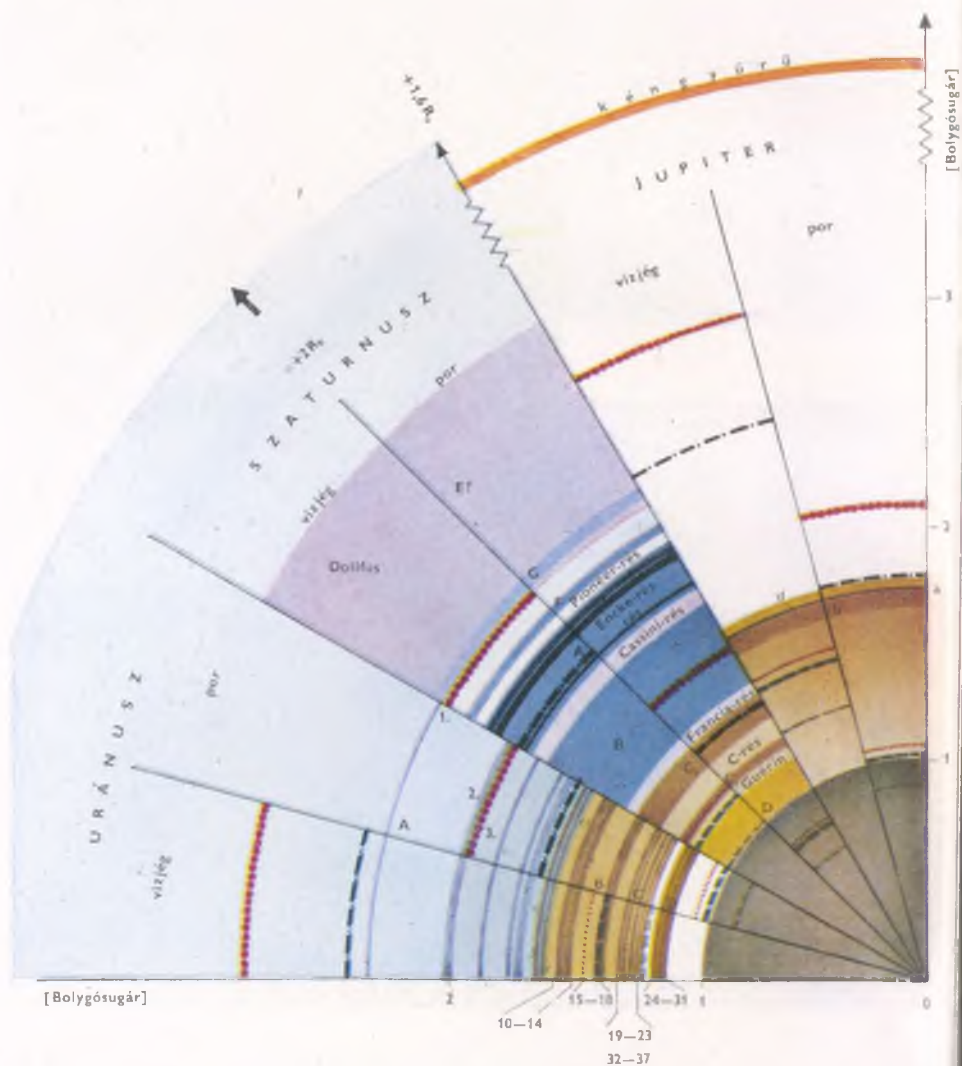




-  felső akkreciós határ
-  alsó akkreciós határ
-  kívülről jött test szétterési határa
-  a bolygó körüli pályán keringő test szétterési határa
-  Roche-határ

## GYŰRŰRENDSZEREK

Bolygósugárban, mint egységben (relatív arányok)

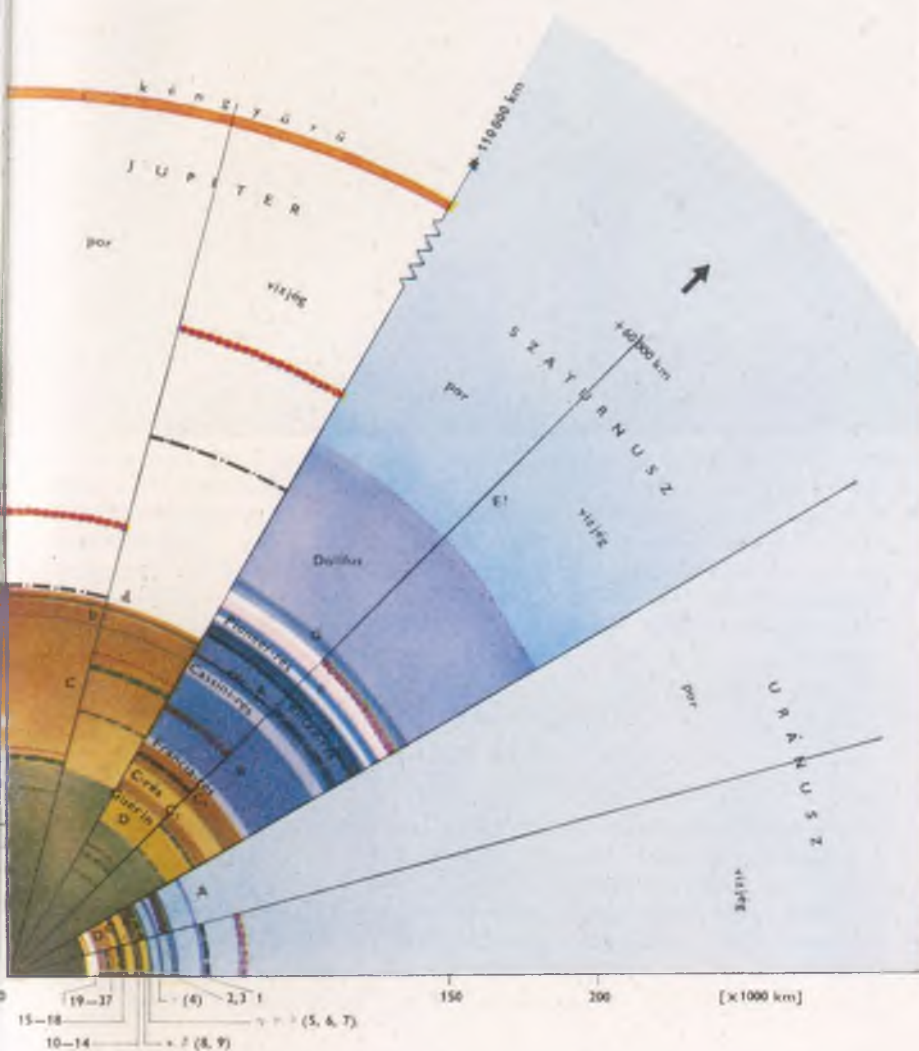


I. tábla.

Téretarányos rajz a Jupiter, a Szaturnusz és az Uránusz gyűrűrendszeréről. A gyűrűkön kívül bejelöltük a Roche-határokat és az akkréciós határokat is, mégpedig kétféle sűrűségre: a  $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$  (vizjég) és a  $\rho = 3 \text{ g/cm}^3$  (karbon, kondrit vagy bazalt) értékekre.

## SSZEHASONLÍTÁSA

1 cm méterben mint egységben (valódi arányok)





*VI. tábla. A Jupiter gyűrűje a Voyager—2 felvételén*

## GYŰRŰK A BOLYGÓK KÖRÜL

A Szaturnusz gyűrűjének felfedezését 1610-hez köti a tudomány, amikor GALILEI saját készítésű távcsövén keresztül valamiféle „füleket” látott a bolygó mellett. Tény azonban, hogy gyűrű jellegüket csak 1656-ban ismerte fel HUYGENS. Több mint háromszáz év telt el, amíg 1977-ben egy csillagfedés alkalmával az emberiség tudomást szerzett az *Uránusz gyűrűjéről*, s alig két évvel később a Voyager űrszondák mérései alapján felfedezték a *Jupiter gyűrűjét* is. A négy óriásbolygó közül három tehát gyűrűkkel rendelkezik; sokak meggyőződése, hogy a negyedik gyűrűrendszer is létezik, csak felfedezése várat még magára.

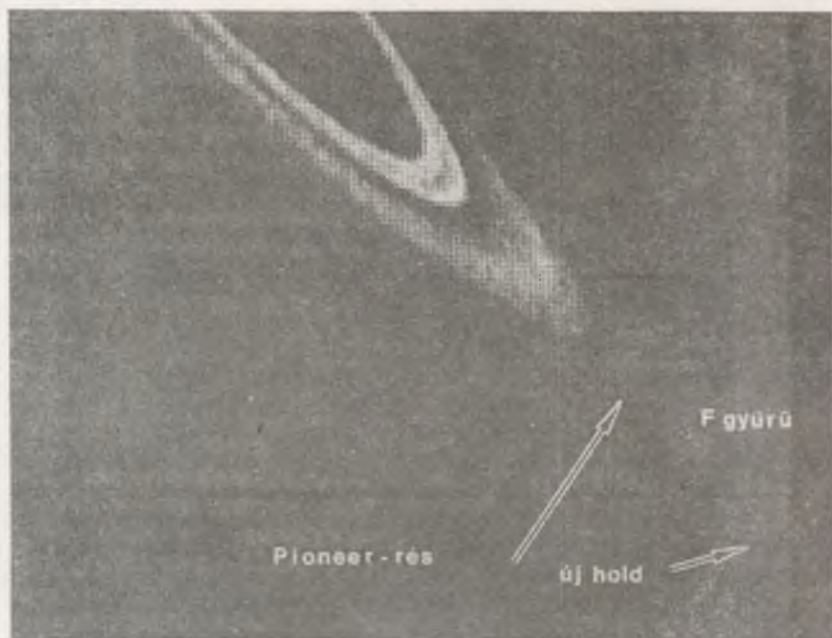
Ebben a cikkben a felfedezések sorrendjében áttekintést adunk a gyűrűkkel kapcsolatos megfigyelési tényekről, kiemelve közös tulajdonságaikat, és ismertetve azokat az elméleteket, amelyek keletkezésükre vonatkoznak. Miután a Pioneer—11 várható Szaturnusz-megközelítése idejére az 1979. évi Csillagászati Évkönyv cikket közölt a Szaturnuszról (a 186. oldalon), és abban a szerző összefoglalta a gyűrűre vonatkozó ismereteket is, az ismétlések elkerülésére itt csak az azóta nyilvánosságra hozott eredményekre térünk ki. Az előzmények iránt érdeklődő olvasónak tehát a fenti cikket ajánljuk figyelmébe.

### Megfigyelési eredmények

#### A Szaturnusz gyűrűje

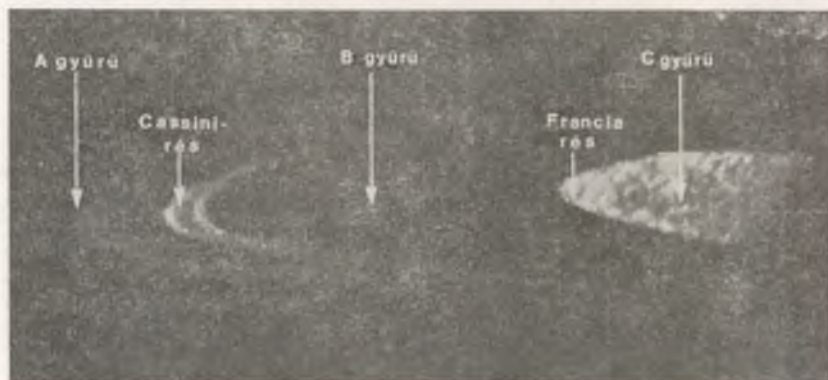
Erről az objektumról elsősorban a Pioneer—11 mérései szolgáltatottak új adatokat. A Pioneer—11 volt az első űrszonda, amely megközelítette a Szaturnuszt. A Pioneer—11 az *A*, *B* és *O* gyűrűt észlelte, de a belső és a külső (*D*, illetve *E*) fátyolgyűrűt nem. Nagy szerencsével túlélte a legkülsőnek hitt *E* fátyolgyűrűn való kétszeri áthaladást, 1979. szeptember 1-én, s további két gyűrűre bukkant. Az egyiket, amely 3500 km-rel az *A* gyűrűn túl helyezkedik el és 500 km széles, *F* gyűrűnek nevezték

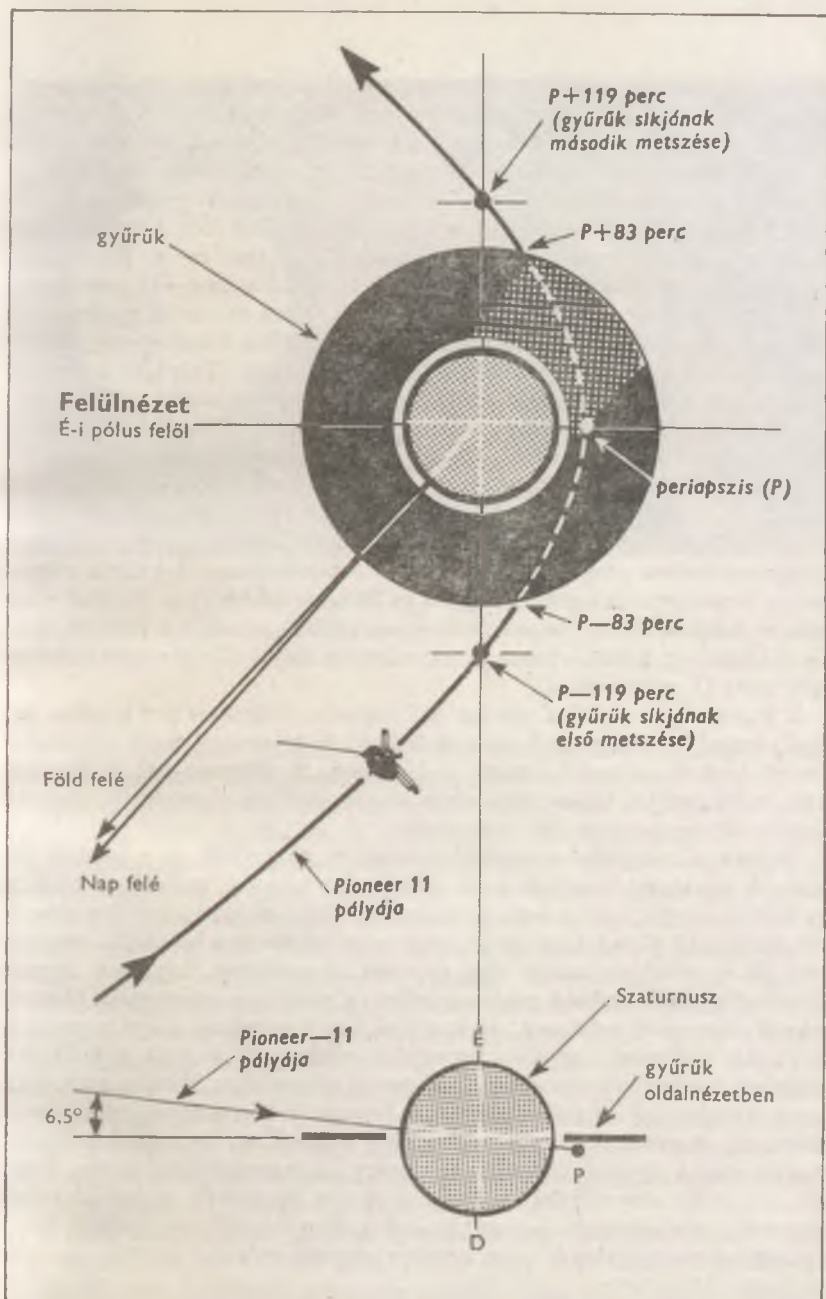




1. ábra. A Szaturnusz újonnan felfedezett F gyűrűje, és a felfedező Pioneer—11 szonda tiszteletére elnevezett Pioneer-rés (NASA)

2. ábra. A Pioneer—11 ilyennek látta a gyűrűt hátulról (NASA)





3. ábra. A Pioneer—11 űrszonda pályája a Szaturnusz közelében. A szonda szeptember 1-én 21 400 km-re közelítette meg a bolygót

el. Az A és az F gyűrű közötti rés a szonda tiszteletére a *Pioneer-rés* nevet kapta (1. ábra). A másik új gyűrű (*G gyűrű*) az első publikáció szerint sokkal távolabb, a bolygótól mért 600 ezer és 900 ezer km-es távolság között helyezkedik el, és nagyobb testek alkotják, így inkább a kisbolygóövre emlékeztet, mint a Szaturnusz A és B gyűrűire.

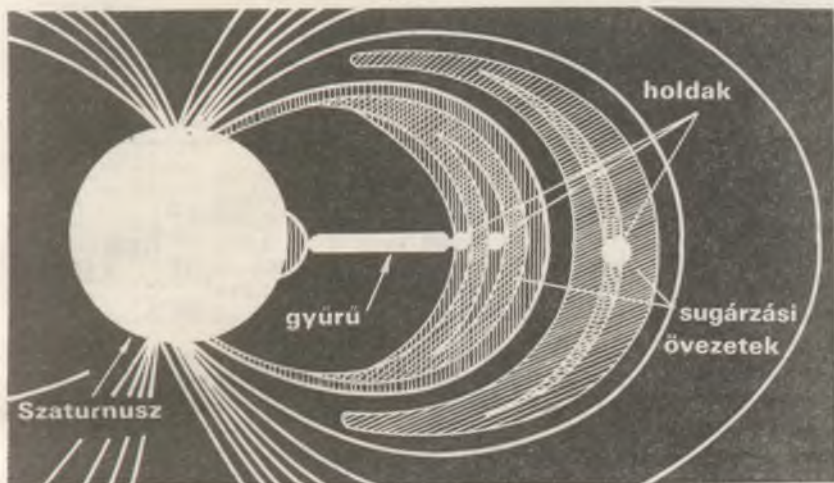
A *Pioneer—11* újabb holdakat is felfedezett, legalább ötöt. Közülük négy az új gyűrűkben kering, az ötödik pedig a Janus és a Mimas holdak közötti pályán. Magát a Janus holdat a *Pioneer—11* nem látta.

A megközelítés idején a *Pioneer—11* 3500 km-rel az A gyűrűn túl repült a gyűrűk síkja alá, és alulról, áteső fényben fényképezte le azokat. Ekkor a bolygót 21 400 km-re közelítette meg. (Pályáját a Szaturnusz közelében a 3. ábra, a Szaturnuszról készített képeit pedig a II., III. és V. színes tábla mutatja.) Áteső fényben a gyűrűrendszer érdekes látványt nyújtott, mert az egyébként sötét rések világosakká váltak, a csillogó A és B gyűrű viszont majdnem teljesen sötétté, vagyis a gyűrűrendszer „negatív képe” állt elő (2. ábra). *Az a tény, hogy a rések hátulról világosak, azt mutatja, hogy innen sem hiányzik teljesen az anyag*, hiszen a fény szórásához elegendő részecske áll rendelkezésre. A gyűrűt alkotó anyag természetéről legtöbbet éppen az ilyen, áteső fényben történő vizsgálatok árulnak el, melyekre a Szaturnusz gyűrűi esetében a Földről soha nincs lehetőség, hiszen a Szaturnuszt sohasem látjuk 6°-nál nagyobb fáziszög alatt (I. színes tábla).

A *Pioneer—11* mérései szerint a Szaturnusz mágneses tere dipólus jellegű, tengelye pedig egybeesik a bolygó forgástengelyével. Sugárzási övezete sokkal gyengébb, mint a Jupiteré. A *Pioneer—11* a Szaturnusz-megközelítés teljes ideje alatt kapott akkora sugárdózist, mint a Jupiter környezetében két perc alatt!

Érdekes a kapcsolat a sugárzási övezetek, a gyűrűk és a holdak között. A sugárzási övezetek azon erővonalai mentén, melyek metszik a gyűrűket vagy a holdak keringési zónáit, *feltűnően gyenge a töltött részecskék fluxusa* (4. ábra). Úgy tűnik, hogy a gyűrűkbe és a holdakba csapódó részecskék nem pótlódnak elég gyorsan. A csaknem folytonos anyageloszlású gyűrűk érthető módon minden, a mágneses erővonalak mentén érkező részecskét befognak, de meglepő, hogy a holdak pályája mentén is kisebb a fluxus, vagyis a becsapódó részecskék helyett a hold egy keringési ideje alatt sem érkezik elegendő utánpótlás. Mindez arra utal, hogy a sugárzási övezetek részecskéi hosszú élettartamúak, ritkán cserélődnek. A részecskefluxus csökkenése a résekben is megmutatkozik, vagyis még a gyűrűk között is elég nagy az anyagsűrűség ahhoz, hogy sok részecske elnyelődjön. Érdekes, hogy az új gyűrűk és holdak helyét elsősorban a részecskefluxus csökkenéséből állapították meg, anélkül, hogy az optikai megfigyelés minden esetben sikerült volna.





4. ábra. A Szaturnusz sugárzási övezetének szerkezete. A gyűrűk és a holdak elnyelik a részecskéket

A gyűrűrendszer finomszerkezetének feltérképezése a Földről legeredményesebben csillagfedések megfigyelésével hajtható végre. J. O. PIIRONEN újra feldolgozta három jól megfigyelt csillagfedés (1917. február 9., 1957. április 28. és 1960. április 30.) történetét, és a megfigyelésekből az *A* gyűrűben négy rés jelenlétére következtetett. Ezek elhelyezkedését az 5. ábra szemlélteti. Ezek szerint maga az *A* gyűrű sem folytonos, hanem néhány elkülönülő gyűrűből tevődik össze. A rések határa rendkívül éles, és további krépe is létezhetnek. A csillagfény eltűnése e rések szélén annyira hirtelen következett be, hogy a gyűrűben alig 700 m a távolság a teljesen átlátszó és a szinte teljesen átlátszatlan helyek között. Ebből arra következtettek, hogy a gyűrű vastagsága sem lehet több néhány száz méternél, vagyis a gyűrűt alkotó testek is ennél kisebbek. Csillagfedések megfigyelésével találtak egy további rést a *C* gyűrűben is  $11'',25 \pm 0'',15$  távolságban (6. ábra). Maga a *C* gyűrű  $9''$  és  $13''$  közötti szögtávolságban helyezkedik el. Az 1. táblázatban összefoglalva mutatjuk be a Szaturnusz egész rendszerét, a holdakkal, gyűrűkkel és azok réseivel együtt.

A földi radarmérésekből arra következtettek, hogy az *A* és a *B* gyűrűt néhány cm-nél nagyobb jég-, esetleg jeges szilikátdarabkák alkotják. Közülük csak kevésnek a mérete haladja meg a 200 cm-t. Anyaguk



## A Szaturnusz rendszere

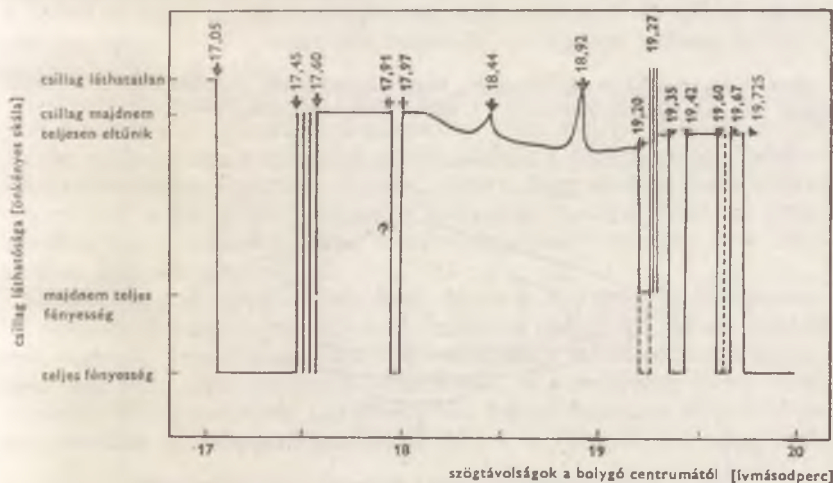
határok holdak	gyűrűk részek	távolságok a bolygó centrumától		szélesség vagy átmérő [km]
		[km]	[bolygósugarban]	
$a_k$ ( $\rho = 3$ )		42 300	0,705	—
$a_p$ ( $\rho = 3$ )		49 000	0,817	—
$a_s$ ( $\rho = 3$ )		51 300	0,855	—
bolygó sugara		60 000	1,000	120 000
	<b>D gyűrű</b>	<b>60 000—68 600</b>	<b>1,000—1,143</b>	<b>8 600</b>
$a_s$ ( $\rho = 1$ )		61 100	1,018	—
	Guérin-rés	68 600—72 600	1,143—1,210	4 000
$a_p$ ( $\rho = 1$ )		70 700	1,178	—
	<b>C gyűrű</b>	<b>72 600—88 800</b>	<b>1,210—1,480</b>	<b>16 200</b>
	<b>C2 gyűrű</b>	<b>72 600—75 750</b>	<b>1,210—1,262</b>	<b>3 150</b>
	C rés	75 750—82 050	1,262—1,367	6 300
$a_s$ ( $\rho = 1$ )		74 100	1,235	—
	<b>C1 gyűrű</b>	<b>82 050—88 800</b>	<b>1,367—1,480</b>	<b>6 750</b>
$a_n$ ( $\rho = 3$ )		86 600	1,443	—
	Francia-rés	88 800—91 800	1,480—1,530	3 000
	<b>B gyűrű</b>	<b>91 800—117 000</b>	<b>1,530—1,950</b>	<b>25 200</b>
$a_r$ ( $\rho = 3$ )		102 700	1,712	—
	Cassini-rés	117 000—121 800	1,950—2,030	4 800
	<b>A gyűrű</b>	<b>121 800—137 400</b>	<b>2,030—2,290</b>	<b>15 600</b>
	<b>A5 gyűrű</b>	<b>121 800—123 850</b>	<b>2,030—2,064</b>	<b>2 050</b>
	rés	123 850—124 250	2,064—2,070	400
	<b>A4 gyűrű</b>	<b>124 250—131 600</b>	<b>2,070—2,193</b>	<b>7 350</b>
$a_n$ ( $\rho = 1$ )		125 100	2,085	—
	Encke-rés	131 600—132 476	2,193—2,208	876
	<b>A3 gyűrű</b>	<b>132 476—133 200</b>	<b>2,208—2,220</b>	<b>724</b>
	rés	133 200—133 660	2,220—2,228	460
	<b>A2 gyűrű</b>	<b>133 660—134 860</b>	<b>2,228—2,248</b>	<b>1 200</b>
	rés	134 860—135 320	2,248—2,255	460
	<b>A1 gyűrű</b>	<b>135 320—137 400</b>	<b>2,255—2,290</b>	<b>2 080</b>
	79 S3	137 520	2,292	?
	Pioneer-rés	137 400—140 160	2,290—2,336	2 760
	<b>F gyűrű</b>	<b>140 160—141 260</b>	<b>2,336—2,354</b>	<b>1 100</b>
	új hold = 79 S5	140 580	2,343	100
	új hold = 79 S6	141 000	2,350	?
$a_r$ ( $\rho = 1$ )		148 300	2,472	—
	kisebb holdak (?)	149 400—153 000	2,49—2,55	3 600
	<b>gyűrű (?)</b>			
	S11 = új hold(?)	151 300	2,522	?
	új hold = 79 S1	152 040	2,534	170
	Pioneer-szikla			
	<b>E gyűrű (?)</b>	<b>198 000—480 000?</b>	<b>3,30—8[?]</b>	<b>282 000(?)</b>
	<b>Dollfus-gyűrű</b>	<b>?—204 000</b>	<b>?—3,40</b>	<b>60 000(?)</b>
	S10 = Janus	167 400	2,790	?
	új hold = 79 S4 (?)	169 000	2,817	?
	S1 = Mimas	185 000	3,087	400
	S2 = Enceladus	238 000	3,9	450

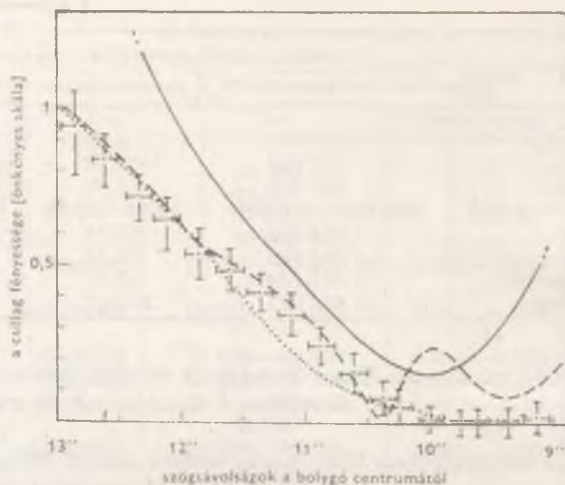
határok <i>határak</i>	gyűrűk <i>récek</i>	távolságok a bolygó centrumától		szélesség vagy átmérő [km]
		[km]	[bolygósugárban]	
S3 = <i>Tethys</i>		294 000	4,90	1 050
S1 = <i>Dione</i>		377 000	6,28	850
S5 = <i>Rhea</i>		527 000	8,78	1 600
<b>G gyűrű</b>		<b>600 000—900 000</b>	<b>10,00—15,00</b>	<b>300 000</b>
S6 = <i>Titan</i>		1 223 000	20,38	5 840
S7 = <i>Hyperion</i>		1 484 000	24,73	400
S8 = <i>Japetus</i>		3 563 000	59,38	1 200
S9 = <i>Phoebe</i>		12 950 000	215,83	300

nem lehet tiszta szilikát, de fémes összetételű darabok léte a mérésekkel még összeegyeztethető, ebben az esetben a darabok mérete viszont jóval kisebb lenne.

Az A gyűrű fényességében földi megfigyelések szerint 10%-nyi amplitúdójú *fényességváltozás* mutatható ki a Szaturnuszhoz viszonyított helyzet függvényében (7. ábra). A jelenség magyarázata elég bizonytalan, sok megalapozatlan hipotézis született már. MAXWELL 1856-ban elméleti megfontolásból feltételezte, hogy a darabkák közötti gravi-

5. ábra. A Szaturnusz A gyűrűjében csillagfedések segítségével talált rések helyeit az elfedett csillagok fényességének csökkenései mutatják, miközben végigvonnak az A gyűrű mögött





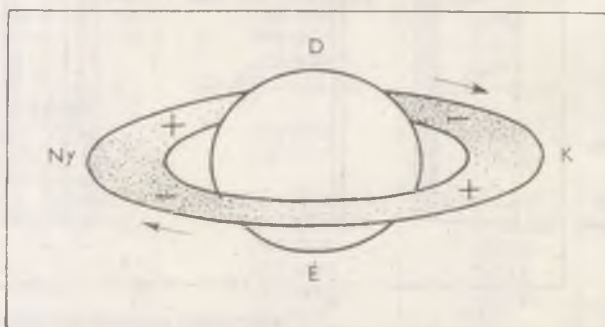
6. ábra. A Szaturnusz C gyűrűje által elfedett csillag fénygörbéje. A pontozott vonal a Cook és Franklin által 1958-ban publikált fedését.

A szaggatott vonal Guérin 1972-es megfigyelése. Guérin a  $9^{\circ}3'$  környékén levő csökkenés alapján gondolta, hogy létezik a D gyűrű.

A keresztek Koutchmy közepelt méréseit mutatják a hibahatárokkal. Ezeknek az észleléseknek a  $11''$  körüli enyhe felfele hajlásából lehet a C gyűrűben levő rész létére gondolni.

A folytonos vonal egyetlen mérés korrigálatlan fénygörbéje

7. ábra. Ez a sematikus rajz mutatja, hogy a Szaturnusz A gyűrűjében a várthoz képest hol van fényességtöbblet (+), illetve fényességhiány (—)



tációs kölcsönhatás következtében azok mozgó *spirálkarok mentén csoportosulnak*, hasonlóan a Tejútrendszer karjaihoz. Ma is ezt tekintik a legösszerűbb magyarázatnak a csak 1958-ban felfedezett, és 1976-ban újabb megfigyelésekkel bizonyított fényváltozási jelenségre. Maxwell modelljéből arra is lehet következtetni, hogy az A gyűrű darabkáinak mérete néhány cm és néhány km között váltakozik.

A B gyűrű nem mutat hasonló fényességingadozást, és ezt is (hogy tudniillik, ha az A mutat, akkor a B miért nem) nehéz értelmezni. Elképzelhető, hogy hiányoznak belőle a nagyobb méretű darabok.

A gyűrűk fényének polarizációja is vizsgálat tárgyát képezte. A várakozással ellentétben azt állapították meg, hogy a polarizáltság elsősorban a Nap — Szaturnusz — Föld sík helyzetével változik, és nem függ a gyűrű síkjának a megfigyelőhöz viszonyított állásától. E tényből arra következtettek, hogy a fény szórása makroszkopikusan durva felületű, dérről bevont darabkákon történik. Miután a dérpolarizációs tulajdonságai meglehetősen kevésbé ismertek, PESHOT laboratóriumi méréseket végzett, melyekkel nagyon jól sikerült visszaadni a szaturnuszgyűrűk polarizációs tulajdonságait. A kísérletekben finom szemcséjű dérről bevont, durva felületű anyagot használt.

A gyűrűk visszaverőképesége az infravörös tartományban arra utal, hogy a darabkák vízjégből állnak, vagy legalábbis sok vízjeget tartalmaznak. Hőmérsékletük a távoli infravörösben 90 K körüli, ami megfelel a Szaturnusz távolságában elhelyezkedő, erősen visszaverő felületű testek egyensúlyi hőmérsékletének.

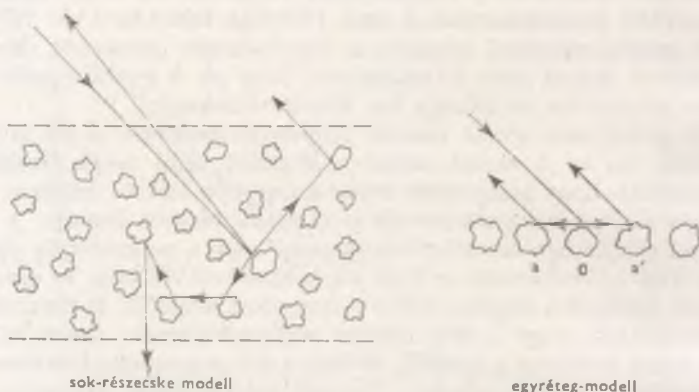
A megfigyelési tények összessége tehát egyre inkább arra mutat, hogy a Szaturnusz A és B gyűrűjét alkotó darabkák főleg vízjég természetűek. A gyűrűket vagy egyetlen rétegben egymás mellett elhelyezkedő darabkák (egyréteg-modell), vagy sok részecske vastagságú halmaz formájában képzelik el (8. ábra).

Lyman-alfa mérések segítségével a gyűrűk körül hidrogénfelhő jelenlétét mutatták ki. BLAMONT megbecsülte, hogy mennyi hidrogén szabadul fel azáltal, hogy a víz előbb szublimálódik a dérből, majd a vízgőzt a Nap ultraióbolya sugárzása elbontja, illetve, hogy mennyi vizet bont el közvetlenül a darabkák felületén a meteorok, a napszél, és az interasztelláris gáz bombázása. Ezek a hidrogénforrások azonban nem bizonyultak elegendőnek.

Érdeklődésként megenlítjük, hogy éppen a Pioneer—11 Szaturnusz-közelsége idején jelent meg egy cikk, melynek szerzői a Jupiternél talált erős sugárzási övezet analógiájára feltették, hogy a Szaturnusz is hasonlóan erős van Allen övezettel rendelkezik, s a sugárzási övön belüli nagyobb részecskesűrűség következtében fellépő intenzívebb bombázás gondoskodna a hidrogéntermelésről. Mivel a Pioneer—11 megállapí-



8. ábra. Sokrészcseke-modell, illetve egyréteg-modell a Szaturnusz A gyűrűjére



totta, hogy a Szaturnusz van Allen-övezete nagyságrendekkel gyengébb a Jupiterénél, a fenti hipotézist nyilván el kell vetni.

Miután az eddig feltételezett hidrogéntermelő források elégtelennek bizonyultak, CARLSON újra felhívta figyelmet a *Nap ultraibolya sugárzására*. A 100—180 nm (1000—1800 Å) hullámhosszú napsugárzás a gyűrű darabjainak legkülső molekularétegében is elbonthatja a vizet, és a felszabaduló hidrogén kb. egy napig még a gyűrű körül marad, majd megszökik. A megfigyelések magyarázatához összesen  $3 \cdot 10^{28}$  atom/s erősségű hidrogéntermelő folyamat szükséges. A 2. táblázatban összefoglaljuk, hogy a különböző hidrogéntermelő folyamatok mennyi hidrogén felszabadítására képesek másodpercenként.

2. táblázat

### Hidrogénatom-felszabadítás a Szaturnusz gyűrűje körül

H-atomot termelő mechanizmus	forráserősség (atom/s)
UV-fotonok bombázása	$1,5 \cdot 10^{28}$
fotoelektron-ion rekombináció	$9 \cdot 10^{23} - 9 \cdot 10^{24}$
szublimáció + disszociáció	$2,2 \cdot 10^{24}$
mikrometeoritok bombázása	$1,8 \cdot 10^{21}$
magnetoszféra ionjainak bombázása	$< 6 \cdot 10^{23}$
napszél bombázása	$1 \cdot 10^{23}$
csillagközi gáz bombázása	$2,2 \cdot 10^{22}$

## *Az Uránusz gyűrűje*

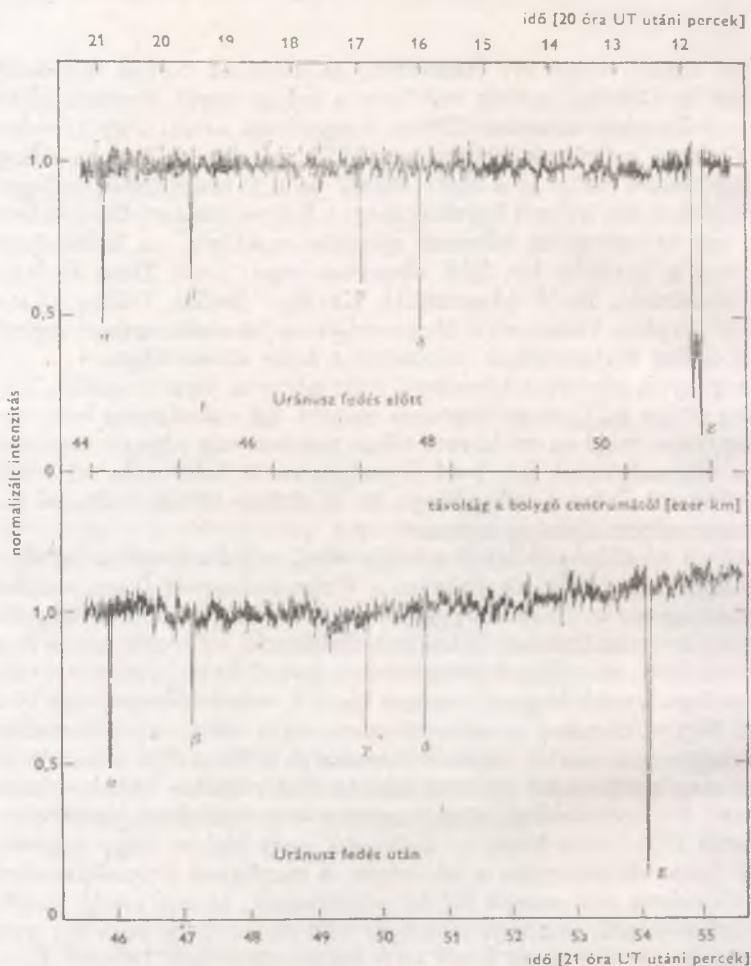
Kevéssé ismert, hogy W. HERSCHEL, az Uránusz bolygó felfedezője 1787-ben és 1789-ben gyűrűt vélt látni a bolygó körül. További hiábavaló próbálkozásai azonban 1798-ra meggyőzték arról, hogy tévedett.

Az Uránusz gyűrűinek felfedezésére 1977. március 10-ig várni kellett. A bolygó ekkor fedte el a *SAO 158687* jelű, 9 magnitúdós csillagot. A csillagfedést hét helyről figyelték meg: a Kuiper Airborn Observatory, amely egy távcsövekkel felszerelt speciális repülőgép, az Indiai-óceán felett repült, továbbá hat földi obszervatórium: Cape Town és Naini Tal (Dél-Afrika), Perth (Ausztrália), Kavalur (India), Peking (Kína) és Tokió (Japán). Valamennyi obszervatórium fotoelektromosan regisztrálta a csillag fényességének változását a fedés időszakában.

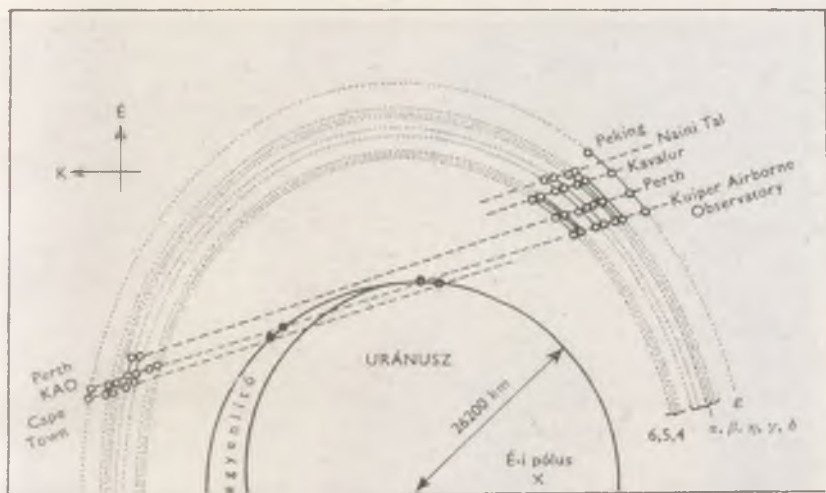
A megfigyelt jelenség a következő volt: negyven perccel azelőtt, hogy a csillag eltűnt az Uránusz korongja mögött, *hét másodpercig lecsökkent a csillag fénye*, majd az ezt követő kilenc percben *még négyszer megismétlődött a fénycsökkenés*, kb. 1—1 másodpercre. A fedés után fél órával ismét többször eltűnt a csillag fénye, de az eltűnés időintervallumai fordított sorrendben követték egymást.

Miután a repülőgépről mind a fedés előtti, mind a fedés utáni fénygyengüléseket észlelték, J. ELLIOT, a Kuiper obszervatórium munkatársa felismerte: *az Uránuszt gyűrűk veszik körül!* (A többi megfigyelő úgy vélte, hogy az Uránusz új holdjait fedezte fel.) Az első, gyors analízis öt (9. ábra), az utólagos elemzés kilenc gyűrű létét jelezte (10. ábra). E kilenc legnagyobb fénycsökkenésen kívül is voltak azonban igen éles, tűszerű fénycsökkenések a regisztrátumokon (11. ábra) melyek realitásában eleinte nem mertek hinni. A Kavalur és a Naini Tal obszervatóriumok megfigyeléseinek együttes feldolgozása azonban bebizonyította a tűszerű fénycsökkenések létét, ugyanis — a két megfigyelőállomás egymástól 1500 km-re lévén — kizárható, hogy légköri vagy műszeres eredetű hatás okozta volna a jelenséget. A megfigyelt fénycsökkenések a két állomáson nem azonos időben jelentkeztek, hanem annak megfelelő időeltolódással, amennyi szükséges volt ahhoz, hogy az adott gyűrűk árnyéka az állomások közti 1500 km-es távolságot befussa. Létezésükhöz tehát kétség sem férhet. Ezek szerint tehát további 27, nagyon keskeny gyűrűt találtak, vagyis *a bolygó gyűrűrendszere legalább 36 gyűrűből áll!* A 3. táblázat áttekintést ad az Uránusz gyűrűrendszeréről.

Szemben a Szaturnusz gyűrűinek mintegy 20 ezer km-es szélességével, az *Uránusz gyűrűi nagyon keskenyek*. Még a legszélesebb, az  $\epsilon$  gyűrű sem szélesebb 20—100 km-nél, míg a többi gyűrű szélessége a 10 km-t sem éri el, általában csak néhány száz, illetve ezer méternyi. Távolságuk a bolygó felszínétől körülbelül megegyezik az Uránusz fél átmérőjével, alakjuk — az  $\epsilon$  gyűrű kivételével — kör. A gyűrűk közötti kb. 1000 km



9. ábra. A SAO 158687 jelű csillag fénygörbéje, mialatt az Uránusz gyűrűi mögött vonult végig. Az észlelést a Kuiper Airborn Observatory hajtotta végre



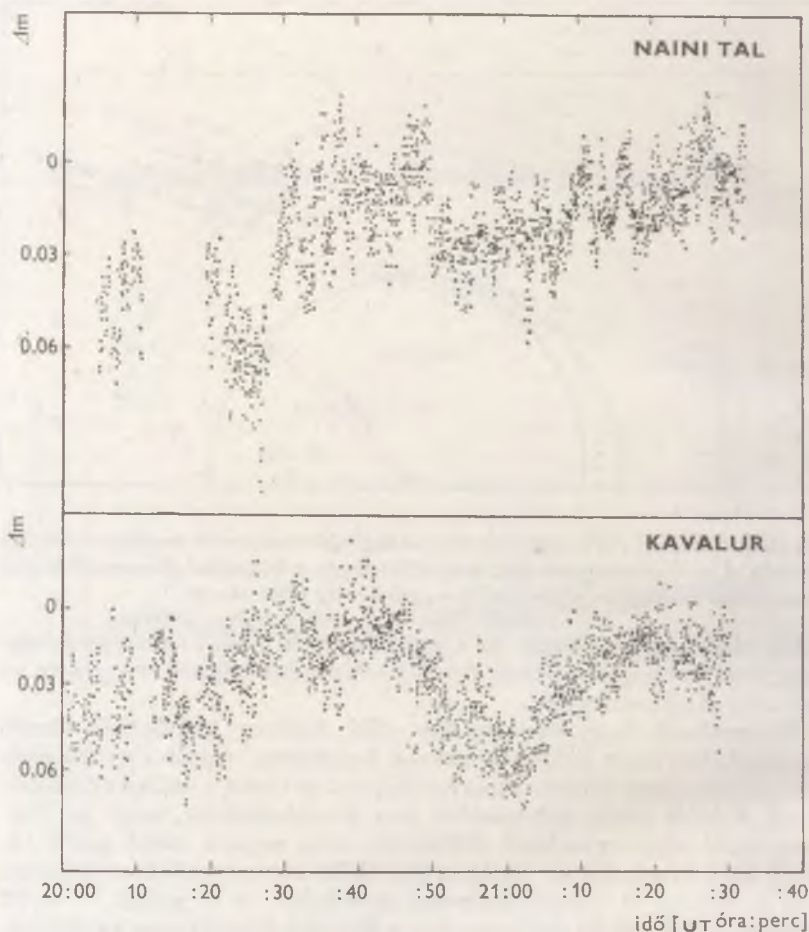
10. ábra. Elliott az 1977. március 10-i csillagfedés részletesebb analizise után így képzelte el az Uránusz gyűrűjét, megjelölve, hogy a különböző obszervatóriumok fénygörbéin talált fénycsökkenéseket a gyűrű mely része okozta

széles rések nagyon élesek. Az  $\epsilon$  gyűrű kivételt képez: szélessége a bolygótól mért távolsággal változik, továbbá excentrikus helyzetű, vagy nem az egyenlítő síkjában fekszik.

Elképzeltető, hogy ezek az éles szélű, keskeny gyűrűcskék kisebb sűrűségű, folytonos gyűrűkbe vannak beágyazva, vagyis a gyűrűcskék közötti rések nem üresek. BHATTACHARYYA és társai a csillag extinkciójának a fedés alatti változásából arra következtetnek, hogy az Uránusz körül négy, egymástól elkülönülő, ritka anyagú, széles gyűrű (A, B, C, D) helyezkedik el. Ezekben éles szélű anyagcsomókként jelennek meg a keskeny és közepes szélességű gyűrűcskék. A D gyűrű 30 és 32 ezer km, a C gyűrű 33 és 36 ezer km, a B gyűrű 36 és 44 ezer km között, végül az A gyűrű 44 ezer km-en túl található. Bennük a csillagfény extinkciója különböző: 0,025, illetve 0,040 magnitúdó.

A gyűrűcskék felszíne a bolygóénak mindössze 1%-a, fényvisszaverő képességük (albedójuk) 3%-nál kisebb (a Szaturnusz gyűrűié 80–90%!). Felületük tehát olyan sötét, mint a feketeszéné vagy mint az Oberon és a Titania holdaké. Anyaguk bizonyosan nem vízjég, mint a Szaturnusz-gyűrűké, hanem inkább karbon kondrit. Kizártnak tűnik, hogy Herschel ezt a gyűrűt távcsövével észlelhette volna! Még a mai, kitűnő távcsövekkel is rekordnak számít a gyűrűcskék közvetlen megfigyelése a Földről. Ez eddig kétszer sikerült, de csak oly módon, hogy a megfigyelők





11. ábra. Az Uránusz gyűrűje mögött elvonuló SAO 158687 csillag fénygörbéjének egy részlete a Kavalur és a Naini Tal obszervatóriumok regisztrátumából, amelyek kiértékelése mutatta, hogy a gyűrűrendszer sokkal több komponensből áll, mint eleinte hitték

előre pontosan tudták, hogy hol, milyen tulajdonságú objektumot kell keresniük. A IV. színes tábla egyébként az Uránusz gyűrűjének fantáziaképét mutatja.

A palomar-hegyi 5 m-es távcsővel 1978. május 18-án észlelték az Uránusz gyűrűit. A megfigyelések a 2200 és az 1600 nm-es hullámhossza-



12. ábra. Az Uránusz gyűrűje a palomar-hegyi 5 m-es távcsővel (Palomar Observatory, California Institute of Technology)

kon történtek. Az előbbi hullámhosszon az Uránusz maga lényegesen sötétebb (13 magnitúdó), mint a gyűrűje (10,1 magnitúdó), ezért a hólgyó 1600 nm-en mért képét kivonták a 2200 nm-en mért teljes képből — a különbség a gyűrűrendszert adta (12. ábra). Hasonló módszerrel észlelték az Uránusz gyűrűjét a Lowell Obszervatórium 1,8 m-es távcsővével is, a 890 és 730 nm-es hullámhosszakon. A metán 890 nm-es sávjában ugyanis az Uránusz negyvenszer halványabbnak látszik, mint a környező hullámhosszakon.

## Az Uránusz rendszere

határok holdak gyűrűk*	távolságok a bolygó centrumától		szélesség vagy átmérő [km]
	[km]	[bolygósugárban]	
$a_K$ ( $\rho = 3$ )	22 700	0,88	—
bolygó sugara	25 900	1,00	51 800
$a_p$ ( $\rho = 3$ )	26 200	1,01	—
$a_s$ ( $\rho = 3$ )	27 500	1,06	—
<b>D gyűrű</b>	<b>30 000—32 000</b>	<b>1,16—1,23</b>	<b>~ 2000</b>
27. gyűrűcske	30 400	1,17	?
28. gyűrűcske	30 500	1,18	?
26. gyűrűcske	31 100	1,20	?
25. gyűrűcske	31 200	1,20	?
29. gyűrűcske	31 400	1,21	?
30. gyűrűcske	31 500	1,22	?
24. = 31. gyűrű	32 400	1,25	?
32. gyűrű	32 600	1,26	?
$a_K$ ( $\rho = 1$ )	32 700	1,26	—
23. gyűrű	32 700	1,26	?
33. gyűrű	32 800	1,27	?
<b>C gyűrű</b>	<b>33 000—36 000</b>	<b>1,27—1,39</b>	<b>~ 3000</b>
22. gyűrűcske	33 000	1,27	?
34. gyűrűcske	33 400	1,29	?
21. gyűrűcske	33 600	1,30	?
35. gyűrűcske	33 900	1,31	?
36. gyűrűcske	34 000	1,31	?
20. gyűrűcske	34 600	1,34	?
19. gyűrűcske	35 000	1,35	?
37. gyűrűcske	35 100	1,36	?
<b>B gyűrű</b>	<b>36 000—44 000</b>	<b>1,39—1,70</b>	<b>~ 8000</b>
18. gyűrűcske	36 100	1,39	?
$a_p$ ( $\rho = 1$ )	37 700	1,46	—
17. gyűrűcske	37 900	1,46	?
16. gyűrűcske	38 800	1,50	?
15. gyűrűcske	39 000	1,50	?
$a_s$ ( $\rho = 1$ )	39 600	1,53	—
14. gyűrűcske	41 400	1,60	?
13. gyűrűcske	41 700	1,61	?
12.(= 6.) [= $\kappa$ ] gyűrűcske	41 900	1,62	?
11.(= 5.) [= $\iota$ ] gyűrűcske	42 400	1,63	?
10.(= 4.) [= $\theta$ ] gyűrűcske	42 700	1,65	?
<b>A gyűrű</b>	<b>44 000—?</b>	<b>1,70—?</b>	<b>?</b>
9.(= $\alpha$ ) gyűrűcske	44 800	1,72	1
8.(= $\beta$ ) gyűrűcske	45 800	1,76	1
$a_R$ ( $\rho = 3$ )	46 400	1,79	—
7.(= $\eta$ ) gyűrűcske	47 300	1,82	?
6.(= $\gamma$ ) gyűrűcske	47 800	1,84	1

határok holdak gyűrűk	távolságok a bolygó centrumától		szélesség vagy átmérő [km]
	[km]	[bolygósugárban]	
5.(= $\delta$ ) gyűrűcske	48 500	1,87	1
4.(= $\epsilon$ ) gyűrűcske	51 900	2,00	20—100
$a_r$ ( $\rho = 3$ )	55 000	2,12	—
3. gyűrűcske	55 300	2,13	?
2. gyűrűcske	55 700	2,15	?
1. gyűrűcske	64 100	2,47	?
$a_n$ ( $\rho = 1$ )	66 700	2,58	—
$a_t$ ( $\rho = 1$ )	79 100	3,05	—
$U1 = \text{Miranda}$	130 000	5,02	200
$U2 = \text{Ariel}$	191 000	7,37	600
$U3 = \text{Umbriel}$	267 000	10,31	400
$U4 = \text{Titania}$	438 000	16,91	1000
$U5 = \text{Oberon}$	586 000	22,62	800

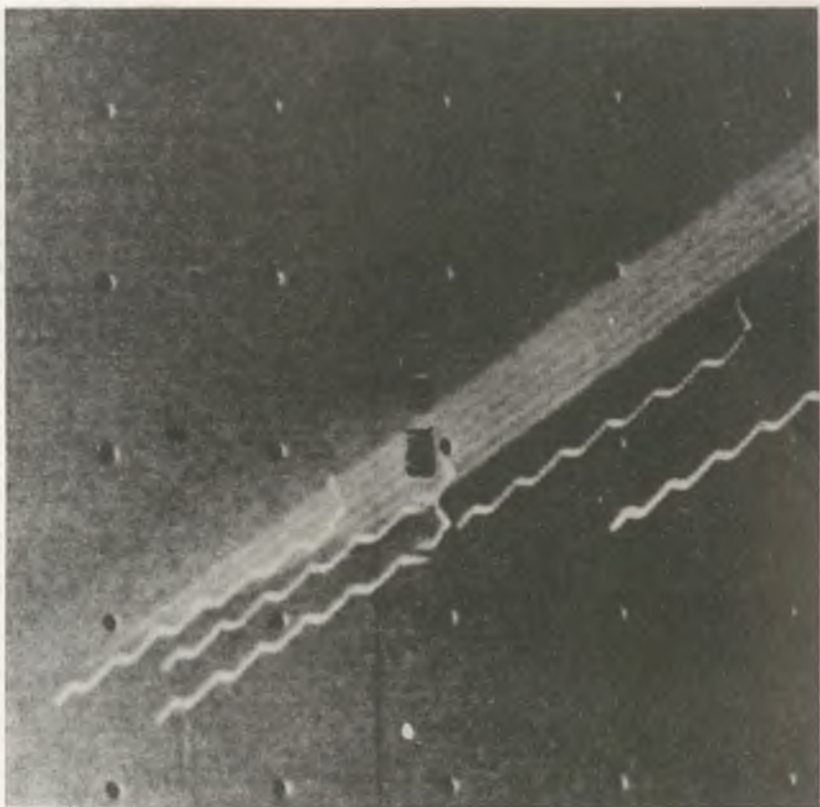
- \* A használt számok Bhattacharyya és Bappu jelölései  
(The Moon and the Planets 21, 393—404., 1977.)  
( ): Elliott jelölése  
(Nature 267, 330., 1977.; Astron. J. 83, 980., 1978.)  
[ ]: Nicholson jelölése  
(Astron. J. 83, 1240., 1978.)

### A Jupiter gyűrűje

A jupitergyűrű első „megfigyelésének” VSZEHSZVJATSKIJ észlelése tekinthető, melyet STRUVE írt le 1960-ban. Vszehszvjatszkij szerint a Jupiter korongján egy szabálytalan, sötét vonal volt látható, amelynek pozíciója változott a szubszoláris ponthoz képest. A jelenség egy 2 jupitersugárnyi távolságon belül elhelyezkedő gyűrűvel magyarázható lett volna. A második „megfigyelés” ACUNA és NESS nevéhez fűződik. Ők a Pioneer—11 által a Jupiter körzetében mért részecskefluxust tanulmányozva 1976-ban arra a következtetésre jutottak, hogy a mért minimum egy 1,83 jupitersugárnyi távolságban levő gyűrűvel magyarázható. Ismerve az Amalthea hold által okozott fluxuscsökkenést, a szerzők arra következtettek, hogy a gyűrű felülete 20 ezer  $\text{km}^2$  (feltéve, hogy az elnyelésben csak a geometriai hatáskeresztmetszet játszik szerepet).

A gyűrű tényleges felfedezésére 1979 márciusában, a Voyager—1 űrszonda felvételein került sor (13. ábra). A felfedezés után a még úton levő Voyager—2 programját úgy módosították, hogy széleslátószögű kamerájával minél több felvételt készítsen a gyűrűről (VII. színes tábla).





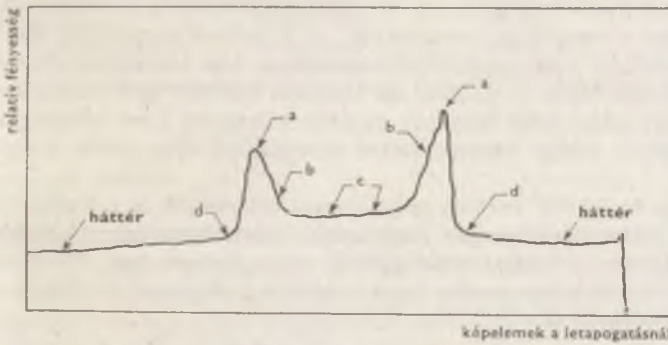
13. ábra. A Jupiter gyűrűjének felfedezésére ez a több expozícióból álló fénykép vezetett, amelyet a Voyager—1 készített. A fényes csíkok a gyűrű, a cikcakkok a csillagok nyomai

A Voyagerek Jupiter-megfigyelési programjáról a Fizika 80—81 kötet közül részletes beszámolót.

A Voyager—2 felvételein (14. ábra) látszik, hogy a gyűrű négy komponensből áll. Ezeket *a*, *b*, *c*, *d* betűkkel jelölik. Az *a* gyűrű  $800 \pm 100$  km szélességű, külső széle éles és fényes. Belülről csatlakozik hozzá a halványabb, 6000 km széles *b* gyűrű. A nagyon halvány, legbelső *c* gyűrű valószínűleg a bolygó felszínéig terjedő, folytonos, vékony leplet alkot. Leghalványabb a *d* gyűrű, amely az *a*-hoz kívülről csatlakozik és 1,8 jupitersugárnyi távolságig terjed (4. táblázat). A 15. ábra a gyűrűk fé-



14. ábra. A Voyager—2 fényképén látszik, hogy a Jupiter gyűrűje is több komponensből áll



15. ábra. A Jupiter gyűrűjének fényessége így változik a gyűrű síkja mentén a bolygótól mért távolság függvényében

nyességének változását mutatja a Jupitertől mért távolság függvényében.

A gyűrűket kb.  $4\text{ }\mu\text{m}$  méretű *porrészecskék* alkotják, ezt a Voyager—2 felvételeinek kiértékelése alapján állapították meg. A gyűrűk vastagsága kb. 30 km.

1979-ben sikerült a gyűrűrendszert a Mauna Kea-i (Hawaii) 220 cm-es infravörös távcsővel közvetlenül is megfigyelni. Az infravörös spektrum 2200 nm-es sávjában a gyűrű 11 magnitúdóval halványabbnak látszott, mint a Szaturnusz gyűrűje.

Ennek az óriástávcsőnek a megfigyelései vezettek még egy újabb gyűrű felfedezésére, 1979-ben. Először 1975-ben a Wise Observatórium 1 m-es távcsővével IRENA KUPO vette észre, hogy az ionizált kén (671,6 és 673,1 nm-es) vörös vonalaiban sugárzás érkezik a Jupiter környezetéből. Amikor a Voyagerek felfedezték az Ión a működő vulkánokat, PILCHER a Mauna Kea 2,2 m-es reflektorával vizsgálat alá vette a Jupiter környezetét. Sikerült is a forrást megtalálni: egy 400 000 km távolságban elhelyezkedő kényűrűt, amely a Jupiter mágneses egyenlítője mentén található. A Jupiternél milliószor, az Io nátrium tóruszánál százszor halványabban sugárzó gyűrű lefényképezése óriási technikai bravúr.

A gyűrű fényessége és alakja egyaránt óriási változásokat mutat már nagyon rövid idő alatt is. Például 1979. április 9-én nagyobb volt, és kevésbé hajlott a Jupiter egyenlítőjéhez, mint az előző éjszaka. Ekkora objektum ilyen gyors változását nyilván az magyarázza, hogy egyrészt az őt alkotó gázok nagyon gyorsan cserélődhetnek (a nátrium tórusz anyaga 20 óra alatt szökik el), másrészt a Jupiter mágneses terével nagyon erős lehet az ionizált kénrészecskék kölcsönhatása. A kén-gőzök forrásai minden valószínűség szerint az Io működő vulkánjai. Ilyen értelemben persze az Io nátrium tórusza is gyűrűnek minősülhet. Vagy a kényűrűt nevezhetjük — a szilárd részecskék által alkotott gyűrűktől való megkülönböztetésül — kén tórusznak. Bár vannak olyan elképzelések is, például az Uránusz keskeny gyűrűivel kapcsolatban, hogy gázgyűrűk lennének miután a nagyon kicsi albedót a Naprendszerben eddig ismert szilárd anyagokkal elég nehéz megmagyarázni.

Ha az Io 62 000 km/óra pálya menti sebességét és a vulkánok 3600 km/óra kidobási sebességét figyelembe vesszük, akkor a kidobott kén maximálisan 3,3 fokkal hajló gyűrűt vagy tóruszt tud létrehozni. Az inklináció változása esetleg ilyen módon a különböző vulkánok működéséhez köthető.

## A Jupiter rendszere

határok holdak	távolságok a bolygó centrumától		szélesség vagy átmérő [km]
	gyűrűk	[km]	[bolygósugárban]
$a_k$ ( $\rho = 3$ )		63 200	0,88
bolygó sugara		71 400	1,00
c gyűrű	71 400—120 000		1,00—1,68
$a_v$ ( $\rho = 3$ )		73 100	1,02
$a_a$ ( $\rho = 3$ )		76 600	1,07
$a_k$ ( $\rho = 1$ )		91 200	1,28
$a_p$ ( $\rho = 1$ )		105 500	1,48
$a_a$ ( $\rho = 1$ )		110 600	1,55
b gyűrű	120 000—126 000		1,68—1,76
a gyűrű	126 000—126 800		1,76—1,77
d gyűrű	126 800—128 500		1,77—1,80
J16 = 79J1	128 000		1,79
$a_R$ ( $\rho = 3$ )		129 300	1,81
$a_t$ ( $\rho = 3$ )		153 300	2,15
J5 = Amalthea	181 500		2,54
$a_R$ ( $\rho = 1$ )		186 500	2,61
$a_t$ ( $\rho = 1$ )		221 100	3,10
79 J2	223 000		3,12
kéngyűrű	400 000		5,60
J1 = Io	422 000		5,91
J2 = Europa	671 400		9,40
J3 = Ganymedes	1 071 000		15,00
J4 = Callisto	1 884 000		26,38
J13 = Leda	11 094 000		155,38
J6 = Himalia	11 487 000		160,88
J7 = Elara	11 747 000		164,52
J10 = Lysithea	11 861 000		166,12
J12 = Ananke	21 250 000		297,62
J11 = Carme	22 540 000		315,68
J8 = Pasiphae	23 510 000		329,27
J9 = Sinope	23 670 000		331,51

## A Neptunusz gyűrűje

1846-ban LASSELL, 1847-ben CHALLIS látni vélte a Neptunusz gyűrűit. A gyűrűk tényleges megfigyelése csillagfedések idején, fotoelektromos úton várható. Csillagfedés azonban meglehetősen ritkán következik be, 1968. április 6-án egy nyolc magnitúdós, 1980. február 10-én egy tizenkét magnitúdós csillagot fedett el a bolygó.



A Vénusz bolygó nem óriás, és nem tartjuk számon a gyűrűs bolygók között. Érdekes azonban, hogy a Venyera—9 és —10 űrszondák a felszín felett 100—700 km magasságban fényt szóró részecskéket találtak, melyek nem mindig látszóttak. A 300—800 nm-es hullámhosszon végrehajtott megfigyeléseket *egy őv mentén elhelyezkedő porrészecskék* jelenlétével lehetett magyarázni, vagyis ilyen értelemben a Vénusznak is van „gyűrűje”!

### Elméletek a gyűrűk természetéről

Minthogy a Szaturnusz gyűrűit ismerik legrégebben, a legtöbb hipotézis e rendszerrel kapcsolatban született. Eleinte a gyűrűs Szaturnuszt kivételes, egyedi jelenségnek tekintették, csak később merült fel a gondolat, hogy *a gyűrűk keletkezése a bolygórendszer fejlődésének természetes velejárója lehet*. A különféle hipotézisek a rések létrejöttének okaira, a gyűrűk anyagára és helyére, valamint korára és fejlődési ütemére vonatkoznak.

### *Pályarezonanciák*

Ha egyetlen vonzócentrum körül több égitest kering, akkor ezek a kölcsönös gravitációs hatás következtében egymás mozgására is hatással vannak. Ha a másik „testvér-égitesttől” származó zavaró erő maximuma mindig ugyanarra a pályaszakaszra esik, akkor a hatások összegeződnek, és a pályaelemekben nagy változások jönnek létre. Ez a jelenség akkor áll elő, ha a két égitest keringési ideje egymásnak egész számú többszöröse; ilyenkor *pályarezonanciáról*, illetve *rezonáns pályákról* beszélünk. Elméletileg bebizonyították például, hogy a Jupiter keringési idejének felével körbejáró kisbolygókat a Jupiter zavaró hatása már néhány ezer év alatt eltávolítja pályájukról. Ezek után érthető, hogy miért nem található éppen ilyen keringési idővel rendelkező kisbolygó a Naprendszerben, holott ettől kissé eltérő keringési idők a kisbolygó-övezetben gyakran fordulnak elő. Hasonlóan hiányzik a sorból a Jupiteréhez viszonyított 1/3-, 1/4- és 1/6-szoros keringési idő is.

A szaturnuszgyűrűk réseit szintén pályarezonanciával, a Szaturnusz holdjainak zavaró hatásával próbálták magyarázni, meglehetősen sikerrel. A Cassini-rés létrejöttét a Mimas hold „tisztító hatásával” hozták összefüggésbe. A Jupiternél sokkal kisebb hold pályarezonancia-hatásának érvényesüléséhez azonban lényegesen hosszabb időre, évmilliókra van szükség.

*Az Uránusz körüli gyűrűk réseinek magyarázata már keményebb dió-*

nak bizonyult. A rések megfigyelt helyét egyes holdak zavaró hatásával egyáltalán nem, bizonyos holdpárok együttes perturbációjával pedig csak akkor sikerült megmagyarázni, ha feltételezték, hogy létezik egy még felfedezetlen uránuszhold is a gyűrű pályáján. Ez a hipotetikus hatodik hold 100 km átmérőjű és 18–20 magnitúdós lenne, ha feltételezzük, hogy albedója megegyezik a Mirandáéval.

A *Jupiter* a *gyűrűje* esetében annak éles külső szélét próbálták az Amalthea vagy az Io zavaró hatásával magyarázni. E helyen a részecskék keringési ideje 0,291 nap, míg az Amalthea periódusának  $3/5$ -szöröse 0,299 nap, az Io keringési idejének  $1/6$ -a 0,295 nap. Az Amalthea tömege azonban olyan kicsi, hogy aligha befolyásolhatja a gyűrű részecskéinek mozgását. Az Io esetében érthetetlen, hogy miért éppen a keringési idő hatoda játszana szerepet a gyűrűk alakulásában.

A gyűrűk réseinek igen éles határa azonban mindenképp arra enged következtetni, hogy a rezonancia jelensége fontos korlátozó szerepet játszik. A centrális gravitációs erőterben mozgó részecskék között lejátszódó, rugalmatlan ütközések az elmélet szerint ugyanis gyors változásokra vezetnek a differenciálisan rotáló gyűrűben, sőt *hosszabb idő alatt a gyűrű sugárirányban szétterjed*. Úgy tűnik, hogy ezt a szétterjedést akadályozza meg a holdak hatása. Ez a korlátozó tényező jelentős szerepet játszhatott már a holdak kialakulásakor is, elősegítve, hogy egy-egy hold a lehető legtöbb anyagot „gyűjtse be”.

### *Roche-határ és akkréció (gyarapodási) határ egy égitest körül*

Egy nagyobb égitest gravitációs erőterében mozgó testekre a központi égitest olyan árapálykeltő hatást gyakorol, hogy azok bizonyos határtávolságoknál közelebb kerülve a centrumhoz megváltoztatják egyensúlyi alakjukat, illetve ütközéseik esetén egymáshoz tapadásuk feltétele más lesz.

A *klasszikus Roche-határ*:  $a_R$  az a legkisebb távolság egy égitest körül, amelynél egy „folyékony” test (melyet csak saját gravitációs tere tart össze) még szférikus marad, és nem szakad szét. Az  $a_k$ , illetve  $a_p$  pedig az a legkisebb távolság, amelynél egy kívülről jövő, illetve az égitest körüli pályán keringő szférikus, homogén test még nem törik darabokra. Ha azonban a test nem szférikus vagy esetleg repedések vannak rajta, akkor a széttörés már sokkal nagyobb távolságon is bekövetkezhet. Ilyen esetben — a szférikustól való eltérés, illetve a repedezettség mértékének függvényében — bármely  $a_k$ -nál, illetve  $a_p$ -nél nagyobb távolságban is várható, hogy törmeléket találunk a központi test körül.

Az *alsó, illetve felső akkréció (gyarapodási) határ*:  $a_a$ , illetve  $a_f$ . Egy égitest körül az  $a_a$ -nál kisebb távolságban keringő darabka esetében csak *molekuláris akkréció* (gyarapodás) lehetséges, vagyis tömege csak

azáltal növekedhet, hogy molekulák tapadnak rá. Két darabka már nem tapadhat össze.

Az  $a_a$  és  $a_f$  közötti távolságokon a nagyobb darabkák méretétől függetlenül lehetséges vagy nem lehetséges a kisebb darabkák rátapadása a nagyobbakra. Az  $a_f$ -nél nagyobb távolságokon *tetszőleges méretű* darabkák összetapadása lehetséges, tehát itt már nagyobb testek is formálódhatnak.

A felsorolt határok kiszámíthatók az

$$a = C (M/\pi\rho)^{1/3}$$

képlettel, ahol  $C_R = 2,21$ ,  $C_p = 1,25$ ,  $C_x = 1,08$ ,  $C_a = 1,31$  és  $C_f = 2,62$ ;  $M$  az égitest tömege,  $\rho$  a darabkák sűrűsége.

Ezen határok ismeretében vizsgáljuk meg, hogy milyen esetben, hol, milyen méretű gyűrűk létrejötte várható! Az egyes határokat a Szaturnusz, az Uránusz és a Jupiter esetére a 2., 3., 4. táblázatban kétféle sűrűségértékre is közöljük, mégpedig jég ( $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ ) és karbon kondrit vagy bazalt ( $\rho \sim 3 \text{ g/cm}^3$ ) darabkákra.

### *Gyűrűk keletkezése az ősi protoplanetáris ködből*

Sokféle Naprendszer-keletkezési hipotézis létezik, de közülük még mindig (az eredeti formájában LAPLACE által 1796-ban javasolt) *gyűrűleválási elmélet* a legnépszerűbb. Eszerint az összehúzódó, ősi szoláris köd egyre gyorsabban forog, s egy, az egyenlítő környéki öv mentén a centrifugális erő egyre nagyobb lesz, míg végül éppen kompenzálja a tömegvonzást. Ekkor ez a gyűrű függetlenné válik a köd többi részétől, és többé nem vesz részt az összehúzódásban. Amennyiben a gyűrű a Roche-határon kívül vált le, és tömege nagyobb egy bizonyos minimális érték-nél, anyagából bolygó alakul ki. PRENTICE és TER HAAR felteszi, hogy a Jupiter, Szaturnusz és Uránusz „nagyhold” rendszerei hasonló módon jöttek létre a protoplanetáris ködökből, mint a bolygók a protoszoláris ködből. (A „nagyhold” kifejezést a nagyobb méretű, szabályos alakú holdakra használjuk, szemben a kisebb, szabálytalan alakú „kisholdakkal”.)

A szerzők arra hivatkoznak, hogy a Jupiter, a Szaturnusz és az Uránusz holdrendszerében a nagyholdak távolságaira a Titius—Bode szabályhoz hasonló törvényszerűség érvényes. A bolygók középpontjaitól mért távolságarányok a Jupiter rendszerében 1,65, az Uránuszében 1,46, a Szaturnuszében 1,3 értéket adnak. A szerzőknek egyetlen paraméter alkalmas megválasztásával sikerült leírniuk, hogy hol jöttek létre a ködből a gyűrűk, mekkora volt az össztömegük és belőlük mekkora és milyen anyagú holdak keletkeztek. Cikkük még 1979 februárjában került nyomdába, tehát éppen az Uránusz távolabbi gyűrűinek és a Jupi-



ter gyűrűrendszerének felfedezése előtt. Érdekes megvizsgálni, hogy az elmélet előre jelezte-e a fenti képződményeket.

Az elmélet szerint a legbelső holdakon belül *mindhárom bolygó protoplanetáris ködében hátramaradt még néhány gyűrű*. A Jupiter esetében 170 és 270 ezer km távolságokra jelezték olyan ködgyűrű leválását, amelyből  $2 \cdot 10^{21}$  g-nál kisebb össztömegű és sziklás darabkákból álló gyűrű jött létre. A számításokat nem folytatták tovább, mivel nem várták, hogy sikerül gyűrűket megfigyelni a Jupiter körül. A Szaturnusz esetében az elmélet szerint 110 és 140 ezer km távolságokban maradhattott vissza — főleg szilikátos összetételű — gyűrű. A 140 ezer km megfelel az A gyűrű külső szélének, de az újabb mérések szerint az összetétel nem egyezik jól az elmélettel. Az Uránusz esetében a szerzők 90 ezer km-en egy jeges szilikátgyűrű, 64 és 46 ezer km-en egy-egy szilikátgyűrű kialakulását várják. 1979 februárjában még csak az  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\eta$ ,  $\theta$ ,  $\iota$ ,  $\kappa$  gyűrűket ismerték, amelyek egy 46 ezer km távolság körül levált gyűrűből keletkezhetnek. A 64 ezer km távolságra előrejelzett gyűrű viszont szépen azonosítható az újonnan felfedezett gyűrűk külső szélével. A szerzők a Neptunusz esetében sem szabályos holdrendszert, sem gyűrűrendszert nem várnak; feltételezik továbbá, hogy a Neptunusz holdjai, valamint a Callisto, a Rhea, illetve az Oberon pályáján túli összes hold és az Amalthea is *kaptáció* útján kerültek a megfelelő bolygók körüli pályákra.

Egy-egy ködgyűrű leválásakor a *Roche-határon belüli anyag nem tud holddá összeállni*, kis darabkák formájában marad meg és kering a bolygó körül. E darabkák egymásra gyakorolt hatása, ütközése következtében a *gyűrű egyre vékonyabbá válik és radiálisan szétterjed*. Ezt a folyamatot akadályozhatja, s egyben a belső részen *rések létrejöttét is okozhatja a külső holdak rezonanciahatása*. Amikor a turbulens mozgás nagyon lecsökken a protoplanetáris ködben, akkor a ködből már nem különálló ködgyűrűk keletkeznek, hanem az anyag az egyenlítő síkjában folyamatosan hagyja el a ködöt. Ilyen mechanizmus működése esetén nem probléma megmagyarázni, hogy hogyan terjedt szét folytonos eloszlásúvá a gyűrű anyaga, viszont ekkor az Uránusz keskeny gyűrűkből álló rendszerének megmagyarázása okoz nehézséget. Az Uránusz esetében ugyanis a néhány 100 m széles gyűrűket több ezer km széles rések választják el. Ez a rendszer azt a benyomást kelti, hogy főleg résekből áll és a gyűrű a kivétel; ellentétben a Szaturnusz rendszerével, ahol 20 ezer km szélesek a gyűrűk és köztük csak néhány száz km-esek a rések (a Cassini-rés is csak 3000 km). A Jupiter rendszere annyiban emlékeztet a Szaturnuszéra, hogy folyamatos, tehát nem a rések dominálnak, viszont néhány ezer km-es össz-szélessége elhanyagolható a Szaturnusz gyűrűinek több tízezer km-es szélességéhez képest.



## *Gyűrűk keletkezése nagyobb testek feldarabolódásából*

Mint már ismertettük, az árapályerők az  $a_k$ , illetve  $a_p$  határtávolság közelében feldarabolják a kívülről jött, illetve a bolygó körül keringő testeket. (Szabálytalan alakú vagy repedezett testek esetében még távolabb következik be a feldarabolódás.) A Naprendszerben sok kisebb test, kisbolygó, meteor és üstökös található, az ezek szétadarabolódásából keletkező törmelék — az eredeti égitest szabálytalan alakja miatt — a bolygók körül bárhol,  $a_k$ -nál vagy  $a_p$ -nél nagyobb távolságra is elhelyezkedhet. A törmelék úgy jön létre, hogy az égitest felszínéről folyamatosan kisebb darabkák válnak le. Ilyenkor egy elég keskeny, csomós szerkezetű gyűrű jön létre. Ha az eredeti széttöredezés néhány nagyobb darabot is eredményezett, akkor ezek mindegyikéből külön-külön keskeny gyűrűcskék keletkezhetnek. A már létrejött gyűrűt a kölcsönös ütközések folyamata szélesíti, a holdak perturbáló hatása pedig újrarendezi, illetve részeket hoz létre benne.

PLAVEC a meteorrajok létrejöttével kapcsolatos számításaiban arra az eredményre jutott, hogy ha egy égitest széttörik, akkor az egyéb perturbációk figyelembevétele nélkül is (pusztán a kölcsönös zavaró hatás következtében) darabjai néhány ezer év alatt szétoszolnak az egész pályán.

Olyan elképzelés is született, hogy a nagybolygók összes nagyholdjai is kaptált anyagból, főleg üstökösök maradványaiból keletkeztek volna a bolygófejlődésnek a bolygók kialakulását követő, későbbi időszakában. Az üstökös-befogási mechanizmus az óriásbolygók esetében eredményesebben működött, ezért keletkezett e bolygók körül kiterjedt holdrendszer.

## *Miért csökken a gyűrűt alkotó darabkák száma?*

Többféle oka lehet annak, hogy a gyűrűk anyaga egyre fogy. A kölcsönös gravitációs zavarok, valamint a holdak hatása következtében alapvetően megváltozhat néhány darabka pályája: a bolygó felszínébe ütközik, vagy heliocentrikus pályára kerül, megszökik. A darabkák ilyen „eltűnése” a gyűrűrendszerből azonban kis valószínűségű esemény, legfeljebb a tíz bolygósugárnyi távolságon túl levő,  $\mu\text{m}$ -nyi méretű darabkák juthatnak erre a sorsra. Sokkal hatásosabban tűnteti el a részecskéket a gyűrűből a *Poynting—Robertson effektus*. Ezen effektus szerint annak következtében, hogy a részecskék a fényt csak egy oldalról kapják, de vissza minden irányba sugározzák, az 1 cm-nél kisebb részecskék *lefékeződnek*, és bizonyos idő alatt *spirálpálya mentén eljutnak a központi égitestig* (bolygóig, ha bolygó körül keringő, illetve a Napig, ha a Nap körül keringő részecskékről van szó). Számítások sze-

rint a jupitergyűrű  $1\text{ }\mu\text{m}$ -nyi részecskéi  $5\cdot 10^8$  év alatt érkeznek el spirálpályán a Jupiterig. Lehetséges, hogy a bolygók felszínéhez legközelebbi, ún. *fátyolgyűrűket* éppen a bolygóba „spirálozó” részecskék alkotják, vagyis egy-egy részecske csak átmenetileg tartózkodik a fátyolgyűrűben. Éppen a fátyolgyűrű állandó léte és folytonos volta lenne bizonyíték a folyamatos szétaprózódás és a Poynting—Robertson effektus működése mellett.

A *sugárnyomás* szintén perturbálhatja a részecskék pályáját, annyira, hogy azok végül elhagyják a gyűrűt. Dominálóvá ez a folyamat akkor válik, ha a részecske mérete bizonyos határ alá csökken. Ez a határméret függ a részecske sűrűségétől is.

### *A gyűrűk anyagának erodálódása (aprózódása, kopása)*

Több olyan mechanizmust ismerünk, amely mindaddig morzsolja, aprózza egy gyűrű darabkáit, amíg azokra már a Poynting—Robertson effektus vagy a sugárnyomás hatása jelentőssé válik. Az egyik ilyen mechanizmus a darabkák ütközése. Még akkor is, ha a darabkák relatív sebessége nem nagy, kisebb részek letöredeznek, így lassan morzsolódnak, aprózódnak.

Figyelembe kell venni azt is, hogy a mikrometeorok, a napszél részecskéi, a bolygó sugárzási övezetének nagyenergiájú részecskéi és a Nap ultraibolya sugárzása is állandóan bombázza, „köpködi” a gyűrűk darabkáinak felszínét, molekulákat és atomokat szakítva le róla. Említettük már, hogy ilyen mechanizmussal magyarázzák a hidrogén jelenlétét a Szaturnusz gyűrűje körül. Létezik olyan elmélet is, mely e jelenségnek tulajdonítja az uránuszgyűrűk alacsony albedóját is; ha ugyanis a kondritikus anyagban levő ősi metánjég elbomlik, és a hidrogén megszökik, akkor a felszínen a fekete színű szén marad vissza. A Jupiter esetében DRAINE és SALPETER felbecsülte a sugárzási övezetek „köpködésének” erodáló hatását; a nagy energiájú ionok évente  $5\text{--}10\text{ nm}$ -nyi ( $50\text{--}100\text{ Å}$ -nyi) jég-,  $0,2\text{--}0,3\text{ nm}$ -nyi ( $2\text{--}3\text{ Å}$ -nyi) szilikát-, vagy  $0,02\text{--}0,05\text{ nm}$ -nyi ( $0,2\text{--}0,5\text{ Å}$ -nyi) grafitréteg lekoptatására képesek. Ezek szerint néhány millió év alatt igen sok kicsi részecske keletkezhetett, és kerülhetett a Poynting—Robertson effektus hatása alá. Lehetséges, hogy a Jupiter erős sugárzási övezete miatt gyűrűje rövidebb életű, mint a Szaturnuszé vagy az Uránuszé, így fejlődése esetleg gyorsabb.

Ezek a mechanizmusok tehát, ha működésükhöz elegendő idő áll rendelkezésre, a gyűrű darabkáinak felaprózódására, a *gyűrű eltűnésére* vezetnek. Minthogy ezek szerint a gyűrű átmeneti jelenség, létéből vagy arra kell következtetnünk, hogy az említett eróziós jelenségek még nem tudták eltüntetni, vagy pedig arra, hogy működik egy, az eróziót ellensúlyozó mechanizmus, tehát a darabkák növekedni is tudnak.

### *A gyűrűk anyagának növekedése*

A két akkréciós határ ( $a_a$  és  $a_f$ ) között egy darabka tömege oly módon növekedhet, hogy kis relatív sebességű összeütközéskor a darabkák egymáshoz tapadnak. Az  $a_a$  határon belül a darabka már csak molekulák rátapadása révén növekedhet. A Szaturnusz esetében felteszik, hogy a gyűrű anyagát a bolygó légkörében disszociált vízmolekulák növelhetik, azáltal, hogy az ionok a mágneses erővonalak mentén elindulva beleütköznek a gyűrű darabkáiba, és ott kondenzálódnak. A 100 K alatt kondenzálódó  $H_2O$  dérburkot képez a darabkák felszínén. Ily módon „hizhattak meg” a darabkák, már a gyűrű kialakulása idején is, és rakódhatott rájuk a polarizációs megfigyelésekkel kimutatott dér. Lehetséges, hogy a közelebbi B gyűrűre vastagabb dérréteg rakódott, és ez az oka az A és a B gyűrű különbözőségének.

### *A gyűrűk kora*

Valamely gyűrű vastagsága kiszámítható, ha ismerjük a működő szóródási folyamatokat. Egy gyűrű várható vastagsága kb. tízszerese legnagyobb darabkái méretének. Ezek szerint a Szaturnusz gyűrűiben néhány méter lenne a legnagyobb darabkák átmérője, s általában nem várható néhány tíz méternél vastagabb gyűrű kialakulása a Naprendszer keletkezése óta.

BRAHIC számításai szerint a gyűrűvastagság—darabkaméret összefüggés alapján az Uránusz gyűrűje mintegy százszor fiatalabb a Szaturnuszénál. Szerinte az Uránusz gyűrűje  $10^7$ — $10^8$  éve keletkezett, amikor egy befogott, kóbor test feldarabolódása megkezdődött. A Jupiter gyűrűje ugyanezen gondolatmenet szerint egy nemrég széttört égitest maradáka lenne. Lehetséges azonban az is, hogy a gyűrű a pályáján talált 79 J1 jelű holdacska porlásából jelenleg, szemünk láttára alakul ki. Ebben az esetben viszont meglepő, hogy — ellentétben az ismertett feldarabolódási folyamattal — azonnal csomómentes gyűrű jön létre.

### **Összefoglalás**

A gravitációs elméletek által megadott határokat felrajzoltuk a három, gyűrűvel rendelkező bolygóra, jég, illetve kondritikus összetétel esetére (VI. tábla). Mindkét ábrán megjelöltük a gyűrűk tényleges elhelyekedését is.

Megjegyzendő, hogy gyakorlatilag valamennyi gyűrű az  $a_k$  és  $a_p$



határokon túl helyezkedik el. Ez azt jelenti, hogy *egyik gyűrű sem hozható kapcsolatba szférikus égitestek feldarabolódásával*, de szabálytalan vagy előzőleg megrepedezett testek porlódása nem zárható ki.

Csak a belső *fátyolgyűrűk* nyúlnak az  $a_s$  alsó akkréciós határon belülre. Ezek a gyűrűk átmeneti tartózkodási helyei az állandó gyűrűk darabkáiról lemorzsolódott részecskéknél, amelyek a Poynting—Robertson effektus hatására éppen a bolygó felé spiráloznak. E gyűrűk léte tehát semmiféle elméletnek nem mond ellent.

A Szaturnusz A és B, valamint az Uránusz A gyűrűjét kivéve valamennyi gyűrű az  $a_f$  felső akkréciós határokon belül található. Ezen utóbbiak sem nyúlnak túl a víz sűrűségéhez tartozó  $a_v$  határokon. Ez a tény is igazolja, hogy *sűrűségük túl nagy nem lehet*, mivel ellenkező esetben anyaguk igen gyorsan holddá állna össze. Ha tehát e gyűrűk még léteznek, akkor sűrűségük nagyságrendileg  $1 \text{ g/cm}^3$  lehet.

Hol helyezkednek el a gyűrűk a Roche-határokhoz képest? A Jupiter gyűrűje messze a vízhez tartozó Roche-határon belül, és éppen a  $3 \text{ g/cm}^3$  sűrűségnek megfelelő határon található. Ez összhangban van azzal a megfigyelési ténnyel, hogy a Jupiter gyűrűjét *porszemcsék* alkotják. A Szaturnusz A gyűrűje a vízhez tartozó Roche-határ környékén van, és a megfigyelések szerint valóban *vízjégdarabkák* alkotják. Érdekes, hogy a C gyűrű éppen a kondritikus anyag vagy a por sűrűségéhez tartozó Roche-határnál kezdődik. Lehetséges, hogy a Szaturnusz C gyűrűje azért halványabb a ragyogó A és B gyűrűnél, mert nem jég, hanem *poranyag* alkotja? Hasonló a helyzet az Uránusznál is, ahol a külső A gyűrű a vízhez tartozó Roche-határnál, míg a B gyűrű a kondritikus sűrűséghez tartozó határnál kezdődik. Elképzelhető, hogy az elfedett csillag extinkciója a két gyűrűben azért volt különböző, mert nem ugyanaz az alkotó anyag?

A *Jupiter és az Uránusz gyűrűi* tehát több szempontból alapvetően eltérnek a Szaturnusz gyűrűitől. Egyrészt *közelebb vannak a bolygófel-színhez, másrészt anyaguk nem jég, hanem por vagy kondritikus anyag*. Várható, hogy eredetük sem azonos. Még mielőtt a jupitergyűrű külső szélének távolságában megtalálták volna azt a holdat, amelynek a mérete is azonos a gyűrű vastagságával, már több szerző is egy ilyen, a gyűrűkben keringő hold porlásával hozta kapcsolatba a gyűrűk létrejöttét. GOLDREICH például feltételezte, hogy az Uránusz valamennyi gyűrűjében van egy-egy kis méretű hold, s a gyűrű darabkái annak felszínéről szakadnának le.

A „porláselmélet” híveit csak az *Uránusz e gyűrűjének excentricitása* zavarja. Szerintük ennél a gyűrűnél arról lehet szó, hogy egy közeli hold excentrikussá perturbálja a gyűrű darabkáinak pályáját; ezek azután a hold precessziós periódusával azonos periódusú, együttes precessziót végeznek. Mivel az Uránusz lapultsága nyilván igyekszik megváltoz-



tatni a gyűrű alakját, *egy gyűrű életének elliptikus szakasza csak átmeneti lehet*. Nincs kizárva, hogy fejlődése már a mai megfigyelési technikával is nyomon követhető.

A Jupiter gyűrűjével kapcsolatban még az a gondolat is felmerült, hogy az egész gyűrű az interplanetáris térből kaptált, a Poynting—Robertson effektus miatt a Jupiterhez egyre jobban közeledő porrészecskék átmeneti tartózkodási helye. A felaprózódó üstökösök és kisbolygók anyaga a gyűrűknek állandó utánpótlást biztosítana.

\*

Az utóbbi évek egyik legérdekesebb csillagászati felfedezése, hogy a Szaturnusz évszázadok óta ismert gyűrűrendszere nem egyedülálló jelenség a Naprendszerben. Bár a gyűrűk létrejöttére (akárcsak az egész Naprendszerére) sokféle hipotézis létezik, és egyik sem képes arra, hogy valamennyi megfigyelési eredményre magyarázatot adjon, mégis lényegesen előbbre jutottunk azáltal, hogy az elméleteket immár nem egy, hanem három gyűrűrendszerre lehet, és kell alkalmazni. Lehetséges, hogy itt is (akárcsak a csillagászat sok más területén) az azonosnak látszó jelenségek különböző okokra vezethetők vissza, s nem egyszerű eldönteni, hogy melyik esetben melyik ok a felelős. Mégis az elmúlt 3—4 évben ugrásszerűen növekedett az az ismeretanyag, amely a bolygók gyűrűire vonatkozik, és ezzel lényegesen előbbre jutottunk a gyűrű mint csillagászati jelenség megértésében és értelmezésében.

## MÁGNESES TEREK A NAPON

A modern napfizika egyik legjelentősebb felfedezését tette G. E. HALE 1908. június 25-én, mikor különleges polarizációs optika segítségével egy napfoltcsoport színekében kimutatta a *Zeeman-effektust*, és ezzel bebizonyította mágneses terek létezését a Napon. Hale-t az készítette erre a megfigyelésre, hogy nem sokkal azelőtt megépített spektrohéliográfjával örvényszerű képződményeket figyelt meg a napfoltok körül a Nap kromoszférájában. A magas hőmérséklet miatt az anyag a Napon *plazma* állapotban van, azaz a Nap anyagát alkotó gáz atomjainak kisebb-nagyobb része egy vagy több elektront elveszít elektronburkából, így szabad elektronokból, pozitív töltésű ionokból és semleges atomokból álló keverék jön létre, amelynek jelentős elektromos vezetőképessége van. Ez a plazma. Ha viszont az elektromos töltéssel rendelkező ionok örvényszerű mozgást végeznek — gondolkodott Hale —, szükségszerűen mágneses térnek kell keletkeznie. Bár gondolatmenete nem állta ki az idő próbáját, megfigyelése sikerrel járt, az említett napfoltcsoportban kb. 0,26 tesla (2600 gauss) indukciójú mágneses teret sikerült kimutatnia, ez a Föld mágneses terének kb. ötezerszerese. Így vette kezdetét a Napon található mágneses terek tanulmányozása, amely egy sor alapvető eredménnyel gazdagította az asztrofizikát. Az alábbiakban bemutatjuk a mágneses mérések elvi alapjául szolgáló Zeeman-effektust, az elvek gyakorlati alkalmazását a különböző módszerekben és műszerekben, valamint a műszerekkel kapott néhány lényeges megfigyelési eredményt.

### A polarizált fény

A Zeeman-effektus kimutatásában lényeges szerepet játszik a fény *polarizáltsága*, ezért bevezetőül ismerkedjünk meg a különböző polarizációs állapotokkal! A fény — hasonlóan a rádió-, infravörös, ultrahibolya, röntgen- és gamma sugárzáshoz — *transzverzális elektromágneses*

*hullám*, azaz az elektromos és a mágneses térerősség vektorainak rezgése benne a terjedési irányra merőlegesen történik. Az egyszerűség kedvéért a továbbiakban csak az elektromos térerősség vektorával foglalkozunk. A természetes, nem polarizált fényben — amelyet például az izzó testek bocsátanak ki — a terjedési irányra merőlegesen nincs semmiféle kitüntetett irány, az *elektromos rezgés minden irányban egyforma valószínűséggel történik*.

Bizonyos anizotróp anyagokon áthaladva a fény *lineárisan polarizálttá* válik. Ez azt jelenti, hogy ha a fény terjedési irányára ( $z$ ) merőlegesen felveszünk egy  $(x, y)$  síkot, ebben az elektromos térerősség vektora egy *egyenes* mentén rezeg. Az egyenes mentén történő harmonikus rezgőmozgás úgy is tekinthető, mint két független (az  $x$  és az  $y$  tengely irányában történő) harmonikus rezgőmozgás összege, amelyek között nincs fáziskülönbség. A két komponens amplitúdója,  $A_x$  és  $A_y$  határozza meg az egyenes fekvését az  $(x, y)$  síkban.

A polarizált fény általános esetében, amikor  $A_x \neq A_y$ , és a két rezgés közt  $\delta$  fáziskülönbség is van, az  $(x, y)$  síkban az elektromos vektor egy ellipszist ír le, ilyenkor *elliptikusan polarizált fényről* beszélünk. Ennek speciális esete  $\delta = 0$  esetén a lineáris polarizáció. Másik speciális esete, ha  $A_x = A_y$  és  $\delta = \pm\pi/4$ , ekkor az elektromos vektor kört ír le az  $(x, y)$  síkban, melynek forgásiránya  $\delta$  előjelétől függ, eszerint nevezzük jobbra vagy balra *cirkulárisan polarizált fénynek*.

Eddig a fény *teljes polarizáltságát* feltételeztük, a legáltalánosabb esetben azonban a fény *részlegesen elliptikusan polarizált*, tehát felfogható egy polarizálatlan és egy teljesen elliptikusan polarizált komponens összegének. Az ilyen fény teljes jellemzésére négy paraméter szükséges. Erre leggyakrabban az  $(I, Q, U, V)$  ún. *Stokes-vektort* használják. Az  $I$  paraméter a fény teljes intenzitását jellemzi, ennek nagyságával a másik három elosztható, ekkor az  $(1, q, u, v)$  *normalizált Stokes-vektort* kapjuk.  $q, u$  és  $v$  rendre a horizontális ( $x$  irányú), a  $+45^\circ$  alatti lineáris, és a jobbra cirkuláris polarizáltság fokát jellemzi.

Teljes polarizáció és normalizált vektor esetében  $q^2 + u^2 + v^2 = 1$ . Így pl. a horizontálisan lineárisan polarizált fény normalizált Stokes-vektora  $(1, 1, 0, 0)$ , a balra cirkulárisan polarizálté  $(1, 0, 0, -1)$ ; ha a fény elliptikusan polarizált, pozitív (jobb) forgásiránnyal, az ellipszis tengelyeinek aránya  $0,318$ , és nagy tengelye  $+22,5^\circ$  szöget zár be az  $x$  tengellyel, akkor a normalizált Stokes-vektor  $\{1, \sqrt{1/3}, \sqrt{1/3}, \sqrt{1/3}\}$ . A vektorjelölésnek a későbbiekben vehetjük hasznát, amikor a polarizált fény optikai eszközökön történő áthaladását vizsgáljuk.

Az általánosan használt fényforrások (Nap, izzólámpák, gyertya) által kisugárzott természetes fény nem polarizált, ezért a *polarizált fény előállítására és vizsgálatára különleges eszközök szükségesek*. A fény polarizációs állapota többnyire megváltozik visszaverődéskor, szóródáskor



vagy bizonyos anyagokon történő áthaladáskor, ezeket a jelenségeket használják fel az említett eszközökben.

Szigetelőanyagok (pl. üveg) felületéről való visszaverődés esetén a beesési síkban, illetve arra merőlegesen rezgő elektromos vektorkomponensek különböző erősséggel verődnek vissza, ezért a beeső természetes fény visszavert része részlegesen lineárisan polarizált lesz. Ha az anyag törésmutatója  $n$ , egy bizonyos  $i_0$  beesési szög esetén, (amelyre nézve  $\operatorname{tg} i_0 = n$ ) a visszavert fény lineáris polarizációja 100%-os, a beesési síkra merőleges síkban. Az  $i_0$  szöget meghatározójáról *Brewster-szögnek* nevezik. Ezen az elven alapuló polarizátorokat csak ott használnak (pl. a polarizációs napokulárokban), ahol nem zavar, hogy a visszavert fény intenzitása csekély. Másik lehetőség a lineárisan polarizált fény előállítására, ha polarizációs szűrőket (polaroidokat) alkalmazunk. Ezekben olyan anizotróp anyagok vannak, amelyek egy bizonyos irányú elektromos rezgést átengednek, míg a rá merőleges irányút erősen elnyelik. A természetes fény egy ilyen szűrőn áthaladva közel teljesen lineárisan polarizálttá válik, intenzitása felére csökken. Ha a lineárisan polarizált fényt egy másik polaroidon bocsátjuk át, melynek áteresztési síkja  $\varphi$  szöget zár be a fény polarizációs síkjával, az áteresztett fény intenzitása  $\cos^2 \varphi$ -vel lesz arányos, azaz  $\varphi = 90^\circ$ -nál ideális esetben nulla lesz. Ennek alapján egyszerű kimutatni a lineárisan polarizált fényt.

A cirkuláris és elliptikus polarizáció előállításához és kimutatásához rendszerint a *kettős törés* jelenségét használják fel. Ez bizonyos anizotróp kristályok tulajdonsága, amelyekben a természetes fény két, egymásra merőlegesen polarizált komponensre bomlik, s ezek különböző sebességgel terjednek tovább. Ezért a két nyaláb iránya is általában különböző, azaz különböző lesz a törésmutató. A számunkra lényeges egytengelyű kristályokban létezik egy irány — az ún. *optikai tengely* —, amelyben a két elektromos rezgéskomponens egyforma sebességgel terjed. Az optikai tengelyre merőlegesen vezetve át a sugarat, az optikai tengellyel párhuzamos, illetve arra merőleges polarizációjú komponensek azonos irányban terjednek ugyan, de különböző sebességgel, így köztük fáziskülönbség keletkezik, mely függ a kristály anyagától, a benne megtett út hosszától és a fény hullámhosszától. Ha a kristálylemez vastagsága olyan, hogy egy adott hullámhosszra  $2k\pi \pm \pi/2$  fáziskülönbséget (azaz  $k\lambda \pm \lambda/4$  útkülönbséget) hoz létre, ezt  $\pm \lambda/4$  *lemeznek* nevezzük ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ). A  $+\lambda/4$  lemezre az optikai tengellyel  $+45^\circ$ -ot bezáró polarizációs síkkal lineárisan polarizált fényt ejtve jobbra cirkulárisan polarizált fényt kapunk, és megfordítva, jobbra vagy balra cirkulárisan polarizált fényt vezetve át rajta az optikai tengelyhez képest  $+45^\circ$ , illetve  $-45^\circ$  hajlású lineárisan polarizált fényt kapunk. Hasonló módon létrehozható  $\lambda/2$  lemez is, melynek legfontosabb tulajdonsága az, hogy a rajta áthaladó lineárisan polarizált fény síkját az optikai tengelyre



szimmetrikusan elforgatja. Az ilyen kristálylemezeket általában *fázislemezeknek* nevezzük.

A gyakorlatban találkozhatunk *mesterséges anizotrópiával* is. Bizonyos kristályok elektromos tér hatására kettősen törővé válnak, ilyenek pl. a kálium-dihidrofoszfát (KDP) vagy ammónium-dihidrofoszfát (ADP). Ha a megfelelő módon orientált ADP-kristályra a fény terjedési irányában 4,6 kV feszültséget kapcsolunk, ez  $\lambda/4$  lemezzé válik az 525 nm hullámhosszú fény számára. Ezeket a kristályokat a magnetográfok elektrooptikai modulátoraiban alkalmazzák, mint később látni fogjuk.

Minden polarizációs eszköz teljesen leírható az ún. *Müller-mátrixok* segítségével. Ezek  $4 \times 4$ -es mátrixok, melyek nemcsak az eszköz jellegét (polaroid, fázislemez), hanem helyzetét is jellemzik. Bonyolultabb műszerek esetében ez nagyon megkönnyíti a számításokat, mert csak fel kell írni egymás elé a beeső fény Stokes-vektorát és az egymás után következő polarizációs eszközök Müller-mátrixait. Az egészet a mátrixalgebra szabályai szerint összeszorozva, megkapjuk az áthaladó fény Stokes-vektorát.

### A Zeeman-effektus

A múlt század utolsó éveiben figyelte meg P. ZEEMAN, hogy egyes emissziós színeképvonalak, ha az őket kibocsátó atomok mágneses térben vannak, három komponensre hasadnak fel. A középső, ún.  $\pi$ -komponens helyén marad, míg a két szélső, ún.  $\sigma$ -komponens szimmetrikusan eltolódik a rövidebb, illetve hosszabb hullámhosszak irányába. Az eltolódás ( $\Delta\lambda_{\text{norm}}$ ) arányos a mágneses tér ( $B$ ) indukciójával és a hullámhossz ( $\lambda$ ) négyzetével. Ha az előbbi teszlában, az utóbbit nanométerben mérjük, az eltolódást a következő kifejezés adja:

$$\Delta\lambda_{\text{norm}} = \pm 4,67 \cdot 10^{-8} \lambda^2 B$$

(Ha  $\lambda$  egységének ångströmet,  $B$ -nek gauss-t választunk, a  $10^{-8}$  faktor helyett  $10^{-18}$  szükséges a képletben.) Ezt nevezzük *normális Zeeman-effektusnak*.

A későbbi vizsgálatok földerítették, hogy a normális Zeeman-effektus csak a színeképvonalak igen kis részénél figyelhető meg, gyakoribb a jóval bonyolultabb felbomlási képeket adó *anomális Zeeman-effektus*, melynek magyarázatát a kvantummechanika adta meg. Eszerint minden atomban bizonyos kvantumszámokkal jellemzett energiaszintek vannak, amelyekhez meghatározott energia tartozik. Az atomi elektronjai ezeken az energiaszinteken helyezkedhetnek el, és bizonyos szabályok

szerint át is ugorhatnak egyik energiaszintről a másikra. Ilyenkor a két szint energiakülönbségét kisugározzák, illetve elnyelik — aszerint, hogy magasabb szintről alacsonyabbra, illetve fordítva történt-e az átugrás. A meghatározott energiakülönbségnek meghatározott hullámhosszúságú színekpvonala felel meg. Az anomális Zeeman-effektus leggyakrabban előforduló esetében — az úgynevezett *LS* kapcsolat esetén — figyelembe kell venni az energiaszintek *L* (pálya), *S* (spin) és *J* (teljes) momentum-kvantumszámait. Ha az atomot külső mágneses térbe helyezzük, az összes energiaszint az *M* mágneses kvantumszámok szerint (a *J* kvantumszámtól függően)  $2J+1$  részre hasad fel. *M* értéke  $+J$  és  $-J$  közt változhat. A két energiaszint közti átugrásnál *M*-nek vagy változatlanul kell maradnia (ekkor keletkeznek a  $\pi$ -komponensek), vagy  $\pm 1$ -gyel változhat (ekkor keletkeznek a  $\sigma$ -komponensek). Az adott átmenet Zeeman-felhasadása a következő módon számítható ki:

$$\Delta\lambda = \pm \Delta\lambda_{\text{norm}} (M_2 g_2 - M_1 g_1),$$

ahol  $M_2$  és  $M_1$  a kezdő- és végállapot mágneses kvantumszámai,  $g_2$  és  $g_1$  az energiaszintek ún. Landé-faktorai, amelyeket az előbb említett *L*, *S*, *J* kvantumszámokból lehet kiszámolni, *LS* kapcsolat esetén a következő formula alapján:

$$g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}$$

A képletekből következik, hogy a mágneses terek mérésére célszerű olyan színekpvonalt választani, amelyeknél  $g_1 = g_2 = g$ , mert ezek csak három részre hasadnak fel. Mivel  $\Delta\lambda$  arányos  $g$ -vel és a hullámhossz négyzetével, célszerű, ha  $g \geq 2,5$  és a színekp vörös tartományában végezzük a megfigyelést. Külön érdekességet képviselnek azok a színekpvonalt, amelyekre nézve  $g=0$ , ezek ugyanis nem hasadnak fel mágneses térben, így alkalmasak olyan vizsgálatokra, amelyeknél meg kell szabadulni a mágneses tér hatásától. A csillagászati szakirodalomban több közlemény is található, amely a számba jöhető több tízezer színekpvonalt közül kiválogatva közli azt a nagyjából százat, melyek a fenti követelményeknek megfelelnek.

A képletekből következik az is, hogy a Nap színekpében nem figyelhető meg a színekpvonalt nagymértékű felhasadása. A 630,25 nm hullámhosszúságú vasvonalat véve példának (melyre nézve  $g = 2,5$ ) 0,1 tesla indukciójú tér esetén  $\Delta\lambda = \pm 0,0046$  nm, ami kevesebb a vonal természetes szélességénél (0,01 nm), tehát *többnyire nem kapunk felhasadást, csak kiszélesedést*. Ezért a méréseknél ki kell használni a *Zeeman-effektus*

*polarizációs hatásait* is (1. ábra). Ha ugyanis emisszióban figyeljük a felhasadt színeképvonalat, akkor a mágneses tér irányában nézve csak a két eltolódott  $\sigma$ -komponenst látjuk, amelyek ellentétesen cirkulárisan polarizáltak. A mágneses térre merőlegesen nézve a változatlan helyzetű  $\pi$ -komponens is megjelenik, fénye lineárisan polarizált a mágneses térrel párhuzamosan, a  $\sigma$ -komponenseké ugyancsak lineárisan polarizált, de a térre merőlegesen. *Általános esetben, ha a mágneses tér  $\gamma$  szöget zár be a látósugárral, a  $\pi$ -komponens lineárisan polarizált marad, a  $\sigma$ -komponensek pedig elliptikusan polarizáltak.* Optikailag vékony réteg esetén intenzitásuk a következő:

$$I_{\pi} = 1/2 \sin^2 \gamma \qquad I_{\sigma} = 1/4 (1 + \cos^2 \gamma)$$

feltételezve, hogy  $I_{\pi} + 2I_{\sigma} = 1$ .

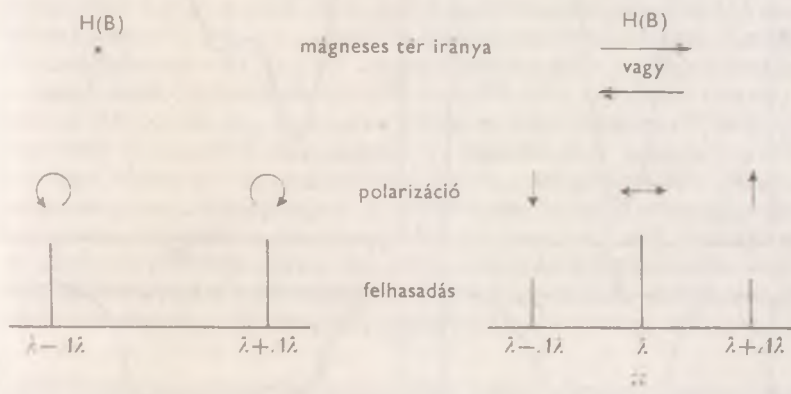
Ha a fényt áteresztjük egy  $\lambda/4$  lemezen, majd egy polarizátoron, melynek polarizációs síkja  $45^\circ$ -ot zár be a  $\lambda/4$  lemez optikai tengelyével, meghatározhatjuk az egyes komponensek intenzitását:

$$I_{\sigma I} = 1/4 (1 - \cos \gamma)^2, \quad I_{\pi} = 1/2 \sin^2 \gamma, \quad I_{\sigma V} = 1/4 (1 + \cos \gamma)^2$$

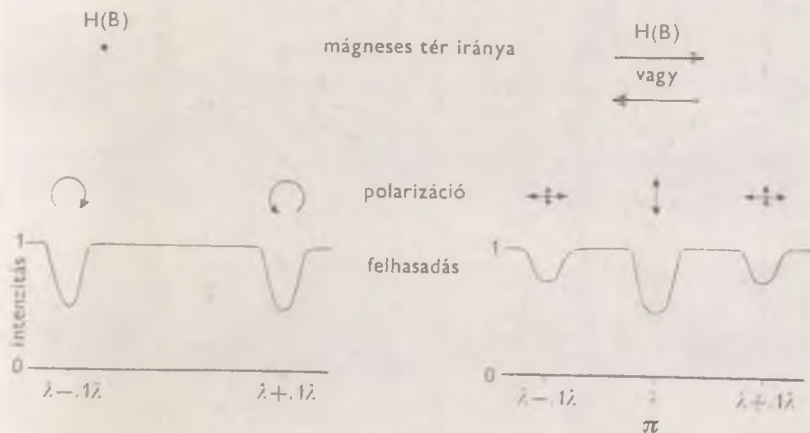
Ezeket a formulákat Hale munkatársa, F. H. SEARES kapta 1913-ban. Ismerte a színeképvonal tulajdonságait és megmérve a felhasadást, a felsorolt formulák alapján megkapjuk a mágneses tér nagyságát, továbbá a komponensek relatív intenzitásából a mágneses tér vektora és a látósugár közti  $\gamma$  szöget; ha pedig meghatározzuk a  $\pi$ -komponens polarizációs síkját, megkapjuk a mágneses tér látósugárra merőleges vetületének helyzetét is. Ennek irányát azonban nem lehet egyértelműen meghatározni, mert a mérésekből két, egymástól  $180^\circ$ -kal különböző szögértéket kapunk (1. ábra).

Eddig mindig emissziós (fényes) színeképvonalakról volt szó, a Nap és a csillagok színeképében viszont (sötét) *abszorpciós vonalak* találhatók. Ebben az esetben szintén megfigyelhető a Zeeman-effektus, csak a polarizációs viszonyok mások. A teljes polarizáció helyett *csak részleges polarizáció figyelhető meg, amely ellentétes az emissziós vonalban előfordulóval* (1. ábra). Ez abból következik, hogy az atomok éppen az olyan hullámhosszú fénysugarakat nyelik el, amelyeket egyébként kisugároznának, így a maradék fény ellentétes polarizációjú lesz. Az abszorpciós vonalak intenzitását kiszámítani lényegesen nehezebb, mint az emissziósakét. Nagyon gyenge vonalak esetén alkalmazhatók a fentebb említett Seares-formulák, de erősebb vonalaknál végig kell számolni a vonalprofilt a sugárzástranszport-egyenlet alapján (2. ábra), feltételezve bizonyos napléggör-modellt és mágneses teret. Ezek a számítások megadják, hogyan változik a fény Stokes-vektora, tehát intenzitása és polarizációja a hullámhossz függvényében.

## EMISSZIÓ

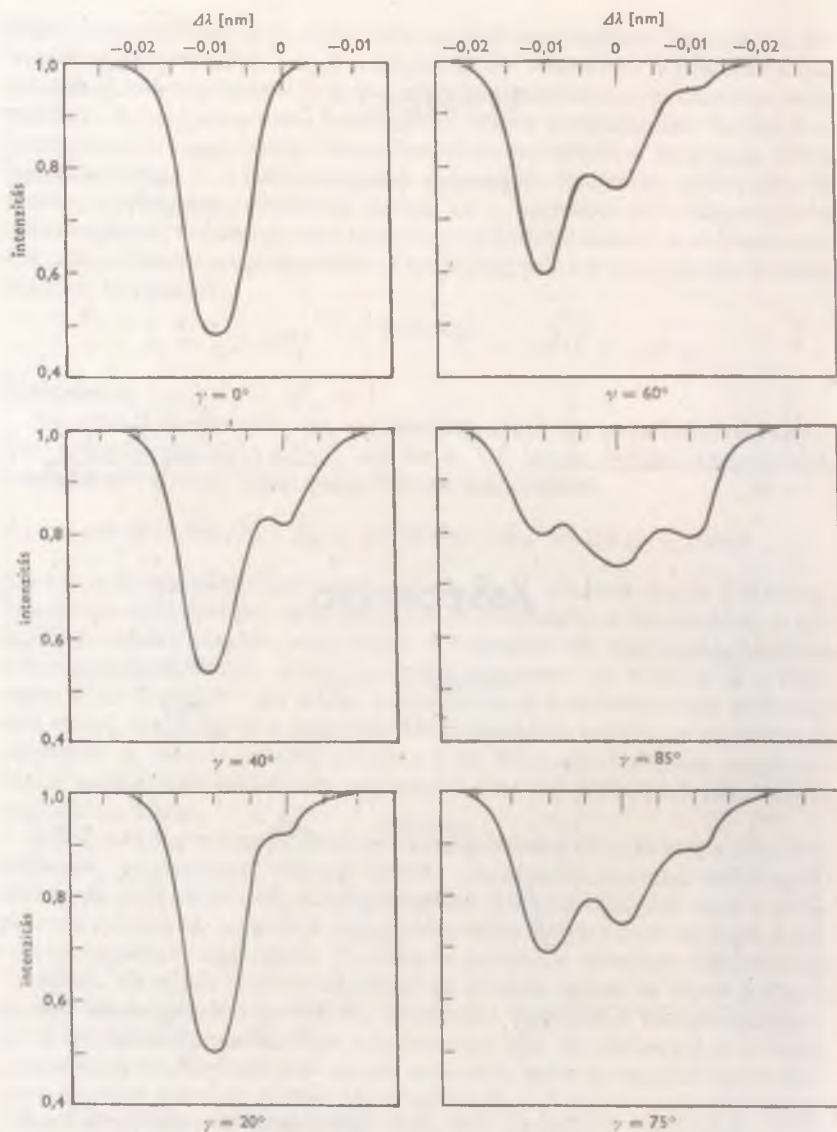


## ABSZORPCIÓ



1. ábra. A normális Zeeman-effektus által okozott színkép-vonal-felhasadás és polarizáció

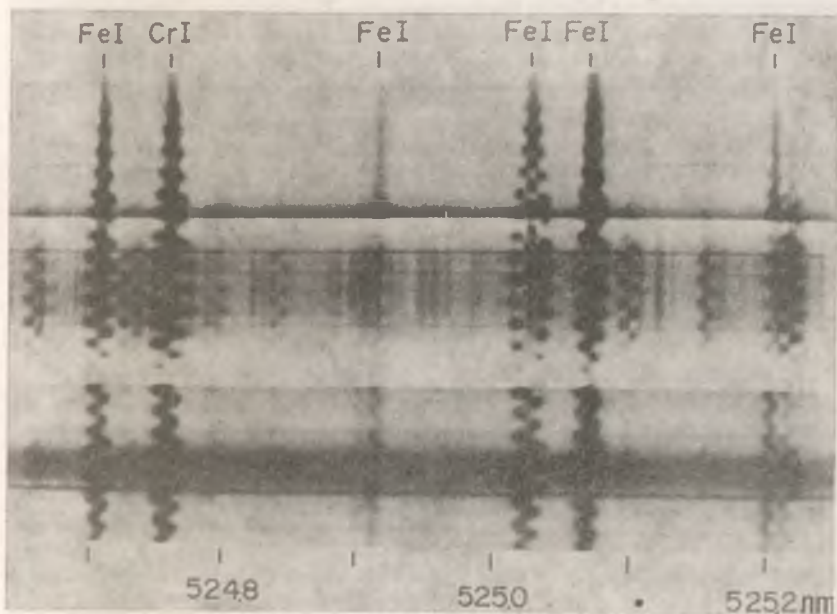




2. ábra. Számított elnyelési vonalprofilok a 617,33 nm hullámhosszúságú vas-vonalra, 0,25 T indukciójú homogén mágneses teret feltételezve, mely a látósugárral különböző szögeket zár be. A szinképet  $\lambda/4$  lemezen és polarizátoron át nézzük

## Fotografikus és vizuális mérési módszerek

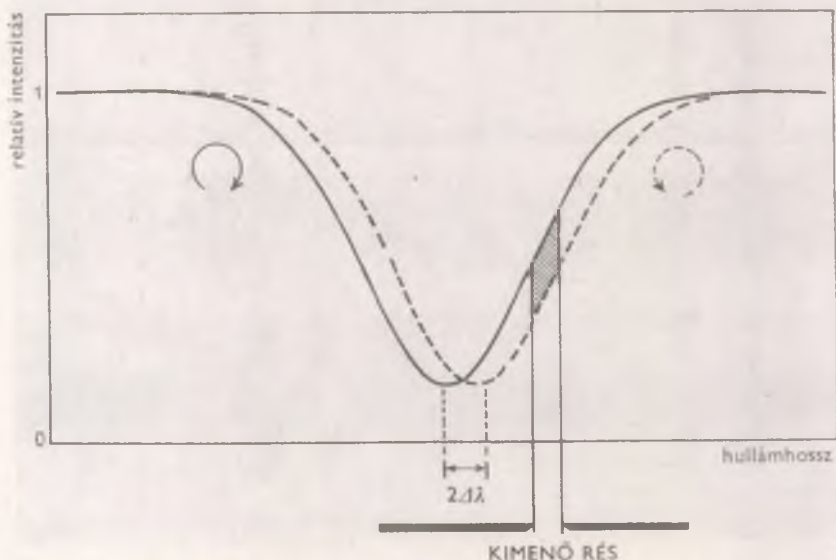
Az előzőekben említett polarizációs tulajdonságok lehetőséget adnak arra, hogy megmérjük a napfoltok mágneses terét. A legegyszerűbb módszer a *polarizációs mozaik*. Ez a spektrográf rése elé helyezett  $\lambda/4$  lemezből és keskeny (1–2 mm széles) polaroid sávokból áll, melyek áteresztési síkja váltakozva  $+45^\circ$  és  $-45^\circ$  szöget zár be a  $\lambda/4$  lemez tengelyével. Hale a század elején fordított elrendezést használt, nála a polaroid volt egy darabban ( $45^\circ$  pozíciósög alatt), és a  $\lambda/4$  lemez volt váltakozva  $0^\circ$  és  $90^\circ$  alatt beállított darabokból összerakva. A végeredmény szempontjából ez mindegy, mert végül az egyik sáv csak a balra, a következő csak a jobbra *cirkulárisan polarizált fényt engedi át*. A látósugár irányába eső mágneses térkomponens jelenlétét a színeképvonalak jellegzetes cikcakk formája jelzi. (3. ábra). A két szomszédos sáv közti hullámhosszkülönbséget lemérve meg lehet határozni a tér erősségét. Abból, hogy melyik sávban látható a vörös felé eltolódott komponens, adódik a tér északi vagy déli polaritása.



3. ábra. Egy nagyobb és egy kisebb napfolt színekévének részlete, polarizációs mozaikkal fényképezve. Jól megfigyelhető a váltakozva átengedett komponensek felbomlása, mely közepén 0,28 T indukciójú mágneses térnek felel meg. Felfelé a mágneses tér, és ezzel a felbomlás csökken. (Kitt Peak Observatory)

A vonalfelhasadást vagy közvetlenül a színekben vizuálisan, vagy fényképeken lehet mérni. Ezt a módszert jelenleg széleskörűen alkalmazzák, pl. a szovjet napszolgálatban. Felbontóképességét az egyes sávok szélessége határozza meg. Ha ezek polaroid-fóliából készülnek, úgy 1—1,5 mm-nél keskenyebb sávok készítése gyakorlatilag lehetetlen. Ezt küszöböli ki a V. J. SZKOMOROVSKIJ által kidolgozott, két, összeragasztott mészpát kristályból álló polarizációs mozaik, mely elvben bármilyen finom beosztást is lehetővé tesz. Az MTA Napfizikai Observatóriumában például rendelkezésünkre áll egy 0,25 mm osztású ilyen mozaik.

Másik lehetőség, hogy a jobbra és balra cirkulárisan polarizált fényt szétválasztva, két külön, párhuzamos színeképet fényképezünk. A szétválasztásra  $\lambda/4$  lemezt és különleges, kettősen törő prizmákat (Wollaston-, Rochon-féle prizmát) alkalmazhatunk, melyek az egymásra merőlegesen lineárisan polarizált fénysugarakat kissé eltérő irányban engedik tovább. Ezt a módszert alkalmazva nem jelentkeznek zavaró keresztcsíkok a színeképben, mint a polarizációs mozaiknál a sávok határán, amelyek ezeken a helyeken zavarják a pontos mérést. Ilyen módszert használnak rendszeresen a potsdami, pulkovói, Sacramento Peak-i obszervatóriumokban.



4. ábra. A spektroheliográf kimenő részének helyzete a Leighton-módszernél. A szétválasztott terület adja azt az intenzitáskülönbséget a két ellentétesen cirkuláris polarizációjú fényben felvett kép közt, ami a kivonás után megjelenik

A fenti módszerekkel meg tudjuk határozni a mágneses tér erősségét egy vonal mentén, a spektrográfcső hosszában. Gyakran szükség van azonban nagyobb területek áttekintésére, *mágneses térképek* készítésére. Erre a célra a meudoni obszervatóriumban egy olyan automata műszert építettek, amely a spektrográfcső önmagával párhuzamosan lépésenként elmozgatja a napképet, és egyúttal a filmet is elmozdítja a színek-vonalat kivágó kimenő rés mögött. Az így kapott filmet egy „lambda-méter” elnevezésű berendezés szintén automatikusan kiméri, az eredményt mágnesszalagra rögzíti, amelyet végül számítógéppel dolgoznak fel térképpé.

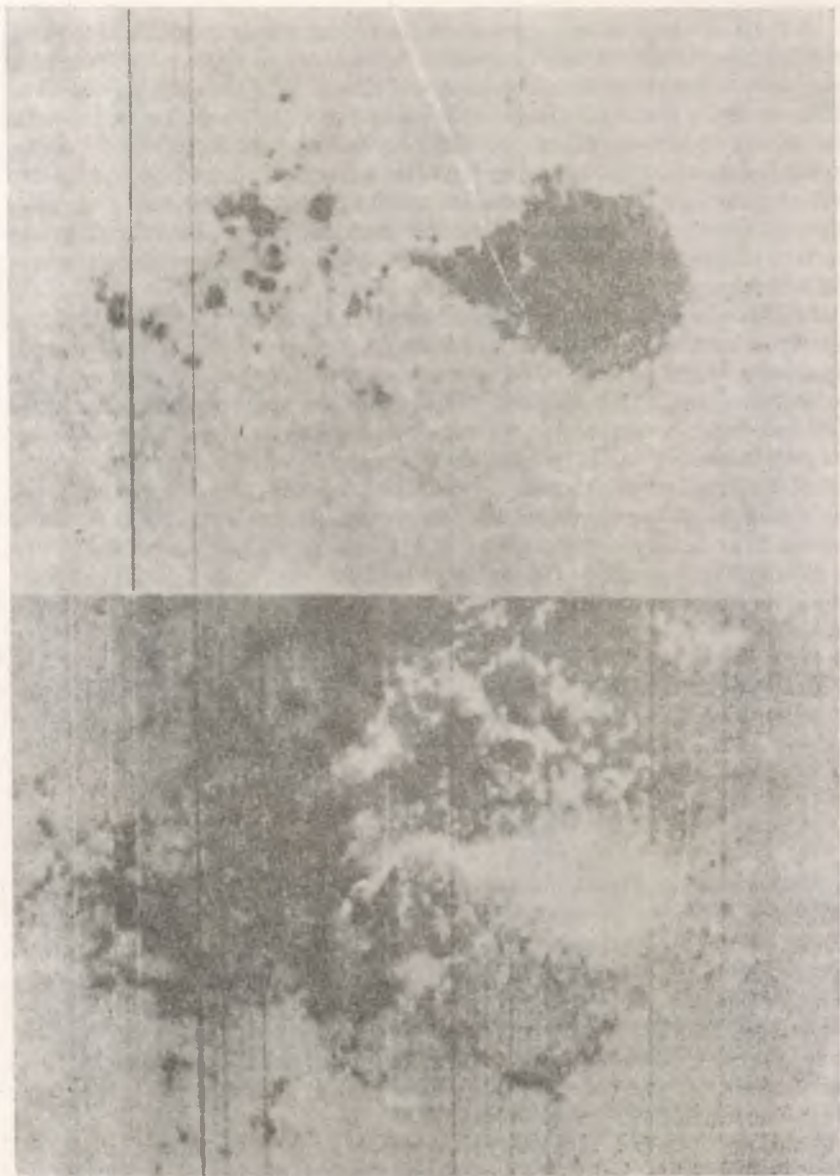
Szellemes módszert dolgozott ki 1959-ben a mágneses terek gyors fotografikus feltérképezésére R. B. LEIGHTON, mely azon alapszik, hogy egy spektroheliográf kimenő rését egy mágnesesen „érzékeny” színekvonal szárnyába állítja, oda, ahol a vonalprofil a legmeredekebb (4. ábra). Így megkapja a napkorong egy részének a képét, a kimenő rés által kivágott, keskeny ( $\sim 0,01$  nm) hullámhossztartományban. Polarizációs optika alkalmazásával azonban *kettéválasztja a jobbra és balra körkörös polarizált fényt*, így egyszerre két képet kap. *Ezeket fotografikus úton kivonva*, azaz az egyik kép negatívját a másik pozitívjával összefektetve, a mindkét képen azonos fényességű (de ellentétes tónusú) területek (foltok, fáklyák) kiegyenlítik egymást, és szürke háttérrel adnak, míg a *mágneses terek — polaritástól függően — mint e háttérnél fehérebb, illetve feketébb területek jelentkeznek*, mivel ezek a vonalfelhasadás miatt a két képen különböző fényességűek (5. ábra). Az ilyen technikával készült felvételeken jó felbontóképességgel, kiválóan át lehet tekinteni a különböző polaritású mágneses terek eloszlását.

### A magnetográfok

A gyenge mágneses terek mérésének újfajta elvét H. W. BABCOCK és H. D. BABCOCK dolgozta ki 1952-ben. Az általuk létrehozott *magnetográf* az addig alkalmazott fotografikus és vizuális módszer helyett a jóval érzékenyebb és pontosabb *fotoelektromos fénymérésen* alapul. A mágnesesen „érzékeny” színekvonal szárnyában helyezték el a kimenő részt, ugyanúgy, mint a Leighton-módszernél (4. ábra), csak mögé nem fényérzékeny anyag, hanem fotoelektron-sokszorozó került. A spektrográf beemenő rése előtt *elektrooptikai modulátort* (EOM) alkalmaztak, amely egy ADP-kristályból és egy polaroidból állt.

Az ADP-kristály a rá adott váltakozó elektromos feszültség előjelétől függően hol  $+\lambda/4$ , hol  $-\lambda/4$  lemezként viselkedett, így az EOM hol az egyik, hol a másik komponensét engedte át a mágnesesen felhasadt vonalnak. Ennek következtében a fotoelektron-sokszorozó áramában az EOM





5. ábra. Leighton-módszerrel kapott magnetogram egy napfoltcsoportról (alsó kép) és egyik részképe (felső kép) 1971. január 9-én. (San Fernando Solar Observatory)

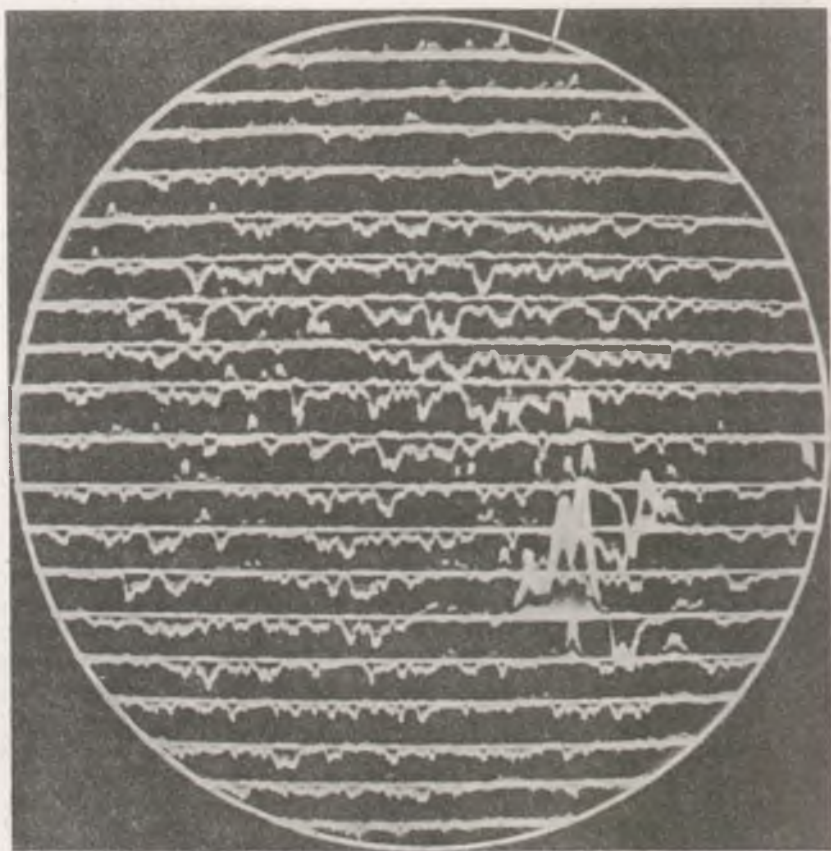
váltakozó feszültségével azonos frekvenciájú komponens is jelentkezett. Ennek erőssége — kis felhasadás esetén — arányos volt a felhasadás ( $\Delta\lambda$ ) nagyságával, a színeképvonal alakjának a kimenő rés helyén mérhető meredekségével és a spektrográfba beeső fény intenzitásával. Mindezek ismeretében meg lehetett határozni a mágneses tér nagyságát.

A Babcock-féle magnetográfban nem egy kimenő rést használtak, hanem kettőt, a színeképvonal közepére szimmetrikusan. Mivel a két kimenő résben mágneses felhasadás esetén a színeképvonal széleinek ellentétes polarizáltsága miatt a fényerősség ellentétes fázisban változik, a két jel kivenésével a hasznos váltakozóáramú komponens megduplázódik.

A két rést arra is fel lehet használni, hogy a színeképvonal valóban kézen helyezkedjen el közöttük. Erről egy, a kimenő rések elé helyezett síkpárhuzamos üveglap gondoskodik, amely elforgatható, és ezáltal a színeképvonalat a hullámhosszak irányában kis mértékben el tudja mozditani. E mozgást egy szervórendszer vezérli, mely addig forgatja az üveglapot, míg az átlagos fényintenzitás mindkét kimenő rés mögött egyforma nem lesz, azaz a vonal középre nem kerül. A vonaleltolódást a látósugár irányú mozgáskomponensek miatt fellépő Doppler-effektus okozza, így a magnetográfban ezt a részét *Doppler-kompenzátornak* nevezik. Az üveglap elfordulását mérve a látósugár irányú sebességeket is mérni lehet. A Doppler-kompenzátor alkalmazása azért fontos, mert a Nap fotoszférájában végbemenő mozgások miatt jelentős vonaleltolódások fordulhatnak elő. A vonalprofil mentén a meredekség változik, így az eltolódás miatt a magnetográf kimenő jele eltorzulna, ha a kompenzátor nem gondoskodna a kimenő rések mindig azonos beállításáról a színeképvonal középpontjához képest.

Eredetileg a Babcock-féle magnetográf felbontóképessége meglehetősen rossz volt, 100" körüli, így csak nagy általánosságban lehetett a Napon levő mágneses tereket tanulmányozni. Másik hátránya, hogy egyszerre egy akkora fotoszférarészlet mágneses terét átlagolja, amekorra a spektrográf bemenő részének felel meg, tehát gyakorlatilag egy pontban mér. *Mágneses térkép elkészítéséhez a tv-képhez hasonlóan soronként le kell tapogatni a kívánt területet.* Mindkét jelenség jól látszik a 6. ábrán.

A bemenő rés nagyságát a távcső és a spektrográf fényereje, valamint az alkalmazott fényérzékelők érzékenysége és jel/zaj viszonya határozza meg. A Nap fényessége különösen eleinte bizonyult kevésnek a részletesebb mérésekhez. A további fejlődés két irányban indult, az egyik fő irány a térbeli és időbeli felbontás növelése volt, de megőrizte a Babcock-módszer alapjait. Főleg a Kitt Peak-i obszervatórium (USA) fejlesztett ki ilyen műszereket, ún. *többszörös magnetográfokat*, amelyekben a színeképvonal mentén több fényérzékelő-pár is el van helyezve. Az egyik változat 40 csatornás volt, száloptikával és 40 pár fotoelektron-sokszorozóval, a jelenlegi már fotodióda-sorokat alkalmaz, és 512 csatornás. Fel-

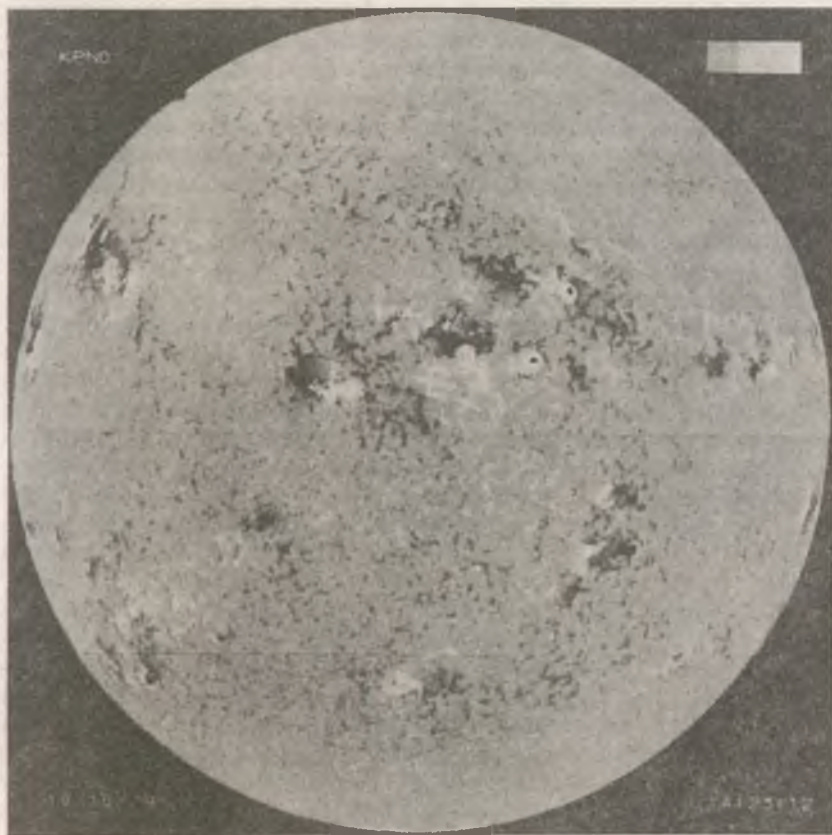


6. ábra. A Babcock-féle magnetográffal kapott mágnesestér-eloszlás a napkoron-  
gon 1952. augusztus 19-én. A mágneses tér polaritását és nagyságát az oszcil-  
loszkópon megjelenő görbe kitérése jelzi

bontása  $1''$ , s az egész napkorongot képes 35 perc alatt 4 sávban letapo-  
gatni (7. ábra). A 6. és 7. ábrát összehasonlítva láthatjuk, mennyit fejlő-  
dött az észlelési technika negyedszázad alatt.

A másik fejlődési irány a felbontóképesség növelése mellett az adott  
pontban megfigyelt információ mennyiségét is növelte. Ez irányban a  
Krimi Asztrofizikai Obszervatórium (Szovjetunió) végzett úttörő mun-  
kát, ahol 1961-ben megalkottak egy olyan típusú magnetográfot, amely-





7. ábra. A Kitt Peak-i 512 csatornás magnetográffal 1979. október 10-én készült (J. W. HARVEY által észlelt) magnetogram. A világosabb területek északi, a sötétebbek déli polaritásúak

lyel a mágneses tér látósugárba merőleges összetevőjének iránya és nagysága is meghatározható. Mint az előzőekben láttuk, ekkor a színeképvonalak lineáris polarizációját kell kimutatni, s erre a Babcock-féle EOM nem alkalmas. Ezért a Krimben a látósugárba merőleges mágneses térkomponens méréséhez az ADP-kristály elé még egy rögzített  $\lambda/4$  kristálylemez helyeznek, így a moduláció 0 és  $\lambda/2$  közt történik. Ekkor a magnetográf a lineáris polarizáció kimutatására alkalmas, hol a két  $\sigma$ -, hol a  $\pi$ -kom-



ponens halad át a modulátoron (8. ábra). Lényeges különbség, hogy ekkor a két kimenő rés mögött azonos fázisban jelenik meg az EOM modulációs frekvenciáján a váltakozó áramú jel, így a fotoáramokat összegezni kell, nem pedig kivonni, mint a látósugár irányú komponens mérésénél. A keletkező jel itt jóval gyengébb, és nemcsak a vonalfelhasadástól függ, hanem a mágneses tér vetülete és a rögzített  $\lambda/4$  lemez optikai tengelye által bezárt szög kétszeresének szinusztól is. Így ahhoz, hogy a látósugárra merőleges térkomponensnek mind nagyságát, mind irányát meghatározzuk, a rögzített  $\lambda/4$  lemez két, egymástól  $45^\circ$ -ra különböző helyzetében kell méréseket végezni.

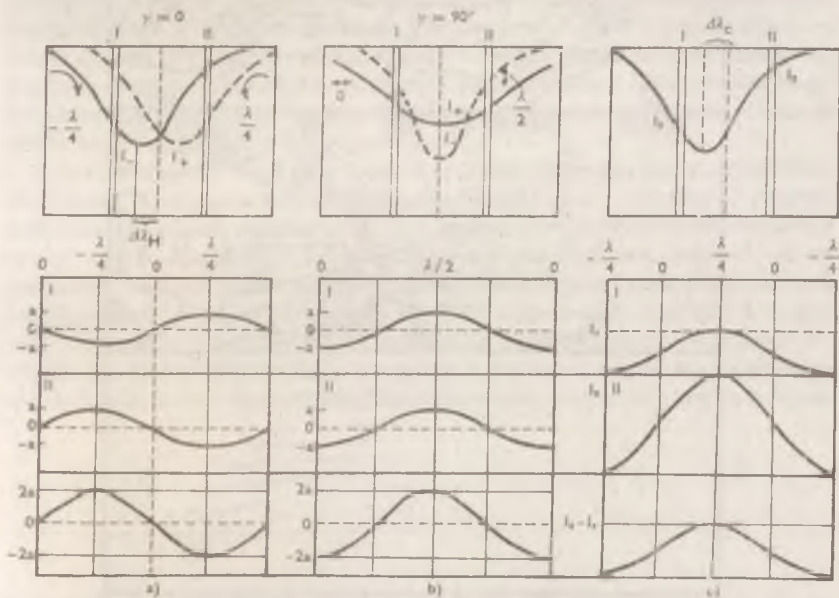
Először valóban minden egyes pontban három különböző mérést végeztek, azaz az adott területet háromszor egymás után letapogatták. A műszer tökéletesítése során később a három mérést egyidejűsítették: egy relé nyelvére felszereltek két  $\lambda/4$  lemezt, melyek tengelyei  $45^\circ$ -os szöget zárnak be, erre a relére az EOM modulációs frekvenciájánál lényegesen kisebb frekvenciájú váltófeszültséget adnak, ezáltal a látósugárra merőleges mágneses térkomponens mindkét összetevője gyakorlatilag egyidejűleg mérhető az EOM frekvenciáján. Ezenkívül — jobban áttekinthető a keletkező elektromos jel alakját — kiderült, hogy az EOM modulációs frekvenciájának a kétszeresén a látósugár irányú komponens is mérhető.

A fenti adatokból meghatározható a teljes mágneses vektor, mindössze egyetlen, elvileg is megoldhatatlan kérdés marad: a merőleges komponens irányára két lehetséges értéket kapunk, melyek  $180^\circ$ -kal különböznek. A kettő közül, figyelembe véve a mágneses tér általános szerkezetét és változásait, általában ki lehet választani a valódit. Mivel az ilyen típusú magnetográfokkal végzett mérésekből meg lehet határozni a mágneses tér teljes vektorát, ezeket *vektormagnetográfoknak* nevezik. A 9. ábrán egy napfoltcsoport mágneses terének különböző jellemzőit ábrázoló térképek láthatók, amelyeket a Krími Asztrofizikai Observatórium vektormagnetográfjával végzett mérések feldolgozása alapján kaptam. Szerte a világon jelenleg 25—30 különböző típusú magnetográf működik.

E műszerekkel végzett méréseknél jelentkezik egy nehéz kérdés, éppen a *kalibráció* kérdése. A mérések alapján biztosan el lehet dönteni a mágneses tér polaritását, de pontos nagyságára nézve a különböző műszerekkel egyidejűleg mért értékek 20—50%-os, sőt nagyobb különbségei sem ritkák. Jelenleg is több összehangolt nemzetközi észlelési program folyik, melyeknek célja az eltérések okának kiderítése és kiküszöbölése.

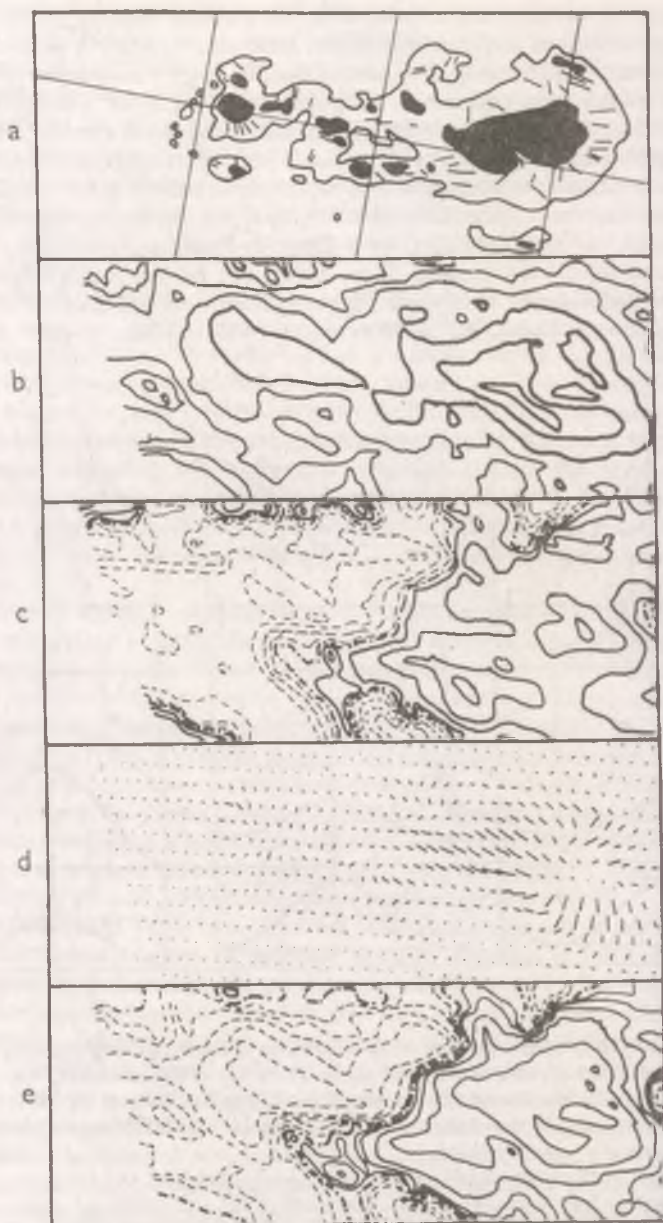
A kalibráció problémájának egyik része onnan adódik, hogy — mint korábban már említettük — az elnyelési vonalakban jelentkező Zeeman-effektusnál *számítások alapján* adódik a polarizáció foka, a színképvonal profilja és az ebből eredő magnetográf-jel. A számítások végeredménye — a *kalibrációs görbe* — megadja a magnetográf kimenő jelének függését a

mágneses tér erősségétől és irányától. Mindehhez viszont fel kell használni egy bizonyos naplégkör-modellt, feltételezni, hogy a színképvonal profilja nem változik meg a napfoltokban, és hogy a mágneses tér nagysága és iránya sem változik a látósugar mentén. Ezek a feltételezések csak kisebb-nagyobb valószínűséggel igazak, elhagyásuk viszont rendkívüli számítási nehézségeket okoz. A műszer bonyolult optikai, finommechanikai és elektronikus konstrukciója miatt eleve nem is lehet mindent kiszámítani, hanem a kalibrálásnál 100%-ban cirkulárisan polarizált fényt bocsátanak a spektrográfba, és a Doppler-kompenzátort kikapcsolva, ismert vonaleltolódást hoznak létre. Ekkor egy bizonyos nagyságú kalibrációs jel keletkezik, amelynek függvényében van kiszámítva a kalibrációs görbe (8. ábra). A. B. SZEVERNII 1965–67-ben végzett mérései



8. ábra. A Krími Asztrofizikai Obszervatórium vektormagnetográfjának működési elve. A felső ábrásor a kimenő rések, (I és II) elhelyezkedését, valamint a színképvonal változását mutatja a modulációtól függően, az alsó ábrák a kimenő résekben keletkező fényintenzitás-változást ábrázolják az EOM egy ciklusa alatt, a legalsó sor a végleges jelalak.

- a) Látósugár irányú tér,  $\pm \lambda/4$  moduláció, (II—I) alakú jel.  
 b) Látósugárra merőleges tér,  $0 \rightarrow \lambda/2$  moduláció, (II+I) alakú jel.  
 c) Kalibráció.  $\Delta\lambda_0$  = kalibrációs eltolódás,  $\pm \lambda/4$  moduláció, (II—I) alakú jel





azonban kimutatták, hogy a krími magnetográffal az elméleti kalibrációs görbe alapján kapott értékek lényegesen kisebbek, mint a vonalfelhasadás közvetlen méréséből adódóak, és meghatározott egy új, *empirikus kalibrációs görbét*.

A méréseknél fellépő másik nehézség a műszerekben a tükröződések és a fényszóródás következtében fellépő *instrumentális polarizáció* figyelembevétele, amely a kimutatandó csekély polarizációs értékeket nagymértékben befolyásolhatja, ráadásul időben változó is. Az instrumentális polarizáció egyik összetevője a visszaverődések szögével változik (pl. a cölösztáttükrökön), de van egy másik összetevője is, amelyik a tükröző bevonatok öregedésével lassan és nehezen megjósolhatóan növekszik. Különösen a látósugárra merőleges mágneses térkomponens mérésénél játszanak fontos szerepet ezek a hibák, mert ott a hasznos jel eleve jóval gyengébb. Az is bizonyos nehézséget okoz, hogy a hagyományos magnetográfokban a színeképvonalnak csak két helyén — a két kimenő résben — mérik a polarizációt. Ezen a *Stokes-polariméterek* bevezetésével próbálnak segíteni, amelyek a színeképvonalban és környezetében több ponton meghatározzák a beeső fény Stokes-vektorát a hullámhossz függvényében, és ebből következtetnek a mágneses térre.

A *leírt módszerek*, melyek a látható színeképtartományban megfigyelhető Zeeman-effektuson alapulnak, csak a fotoszférában, és eselleg — kromoszférikus vonalakat megfigyelve — a kromoszférában előforduló mágneses tereket tudják kimutatni. Jelenleg, kísérleti stádiumban, folynak olyan észlelések, melyek rádió- vagy ibolyántúli színeképtartományban történő megfigyelésekből, más fizikai jelenségekre alapozva, a napléggör magasabb rétegeiből is tudnak információt adni az ott uralkodó mágneses terokről. Az új észlelési technikák mellett azonban a régiek továbbfejlesztése is folyik, mivel elméleti megfontolások arra mutatnak, hogy a mágne-

---

9. ábra. Egy nagy napfoltcsoport mágneses terének térképei 1969. június 14-én, a krími vektormagnetográffal végzett mérések alapján.

a) a foltcsoport rajza,

b) a mágneses tér abszolút értékének szintvonalai,

c) a mágneses tér vízszintessel bezárt szögének szintvonalai (szaggatott vonal jelzi a negatív értékeket),

d) a vízszintes komponens iránya és nagysága,

e) a függőleges komponens nagyságának szintvonalai (szaggatott vonallal ábrázoltuk a negatív — déli — polaritást).

(A szerző feldolgozása)



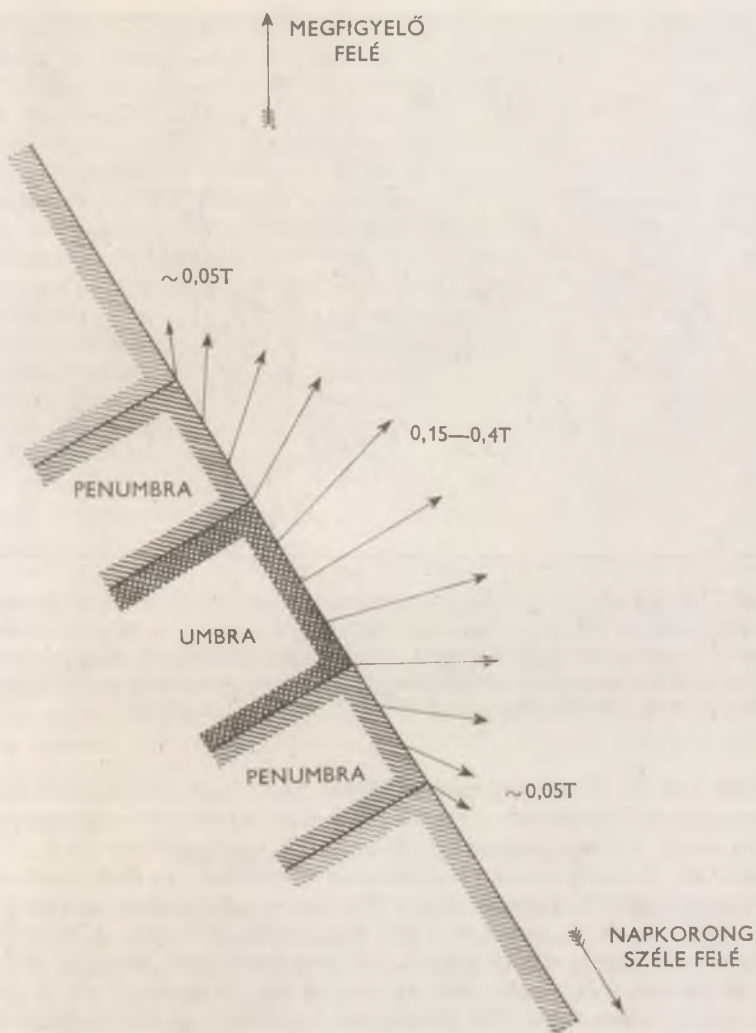
ses tér a fotoszférában esetleg igen kisméretű, néhány száz km átmérőjű, de 0,1—0,2 tesla (1000—2000 gauss) erősségű csomók formájában van jelen. Ennek kimutatására a létező felbontást még egy nagyságrenddel tovább kellene növelni, amiben nagy szerepet kaphatnak a Föld körüli pályára bocsátott űrtávesövek.

### Mágneses terek a fotoszférában

A napfoltok mágneses terének felfedezése után Hale, munkatársaival együtt, évtizedekig folytatta ennek megfigyeléseit, és e hosszú észlelés-sorozat alapján megállapította a legfőbb törvényszerűségeket.

*Legegyszerűbb a mágneses tér szerkezete az egyedülálló, szabályos, kerek napfoltokban.* Ezek centrumában, az umbra részben, a mágneses tér merőleges a felszínre, kifelé haladva nagysága csökken, a függőlegessel bezárt hajlásszöge pedig nő. A folt külső szélén, a penumbra-fotoszféra határon a hajlásszög  $\sim 70^\circ$ . A foltokban a mágneses tér 0,15—0,4 tesla (1500—4000 gauss) közt található, többnyire a nagyobb foltokban a nagyobb. Régebben feltételezték, hogy kis foltokban a térerő 0,01 tesla (100 gauss) értékig is csökkenhet, de N. V. SZTESENKO nagy felbontóképességű mérései kimutatták, hogy a legkisebb pórusokban is kb. 0,15 tesla erősségű mágneses tér található. Az előző mérések alacsony értékeit a légköri nyugtalanság és a szórt fény hatásai okozták. Az umbrában a mágneses tér értéke nagy, a penumbrában kifelé haladva gyorsan csökken, a penumbra-fotoszféra határon nagysága kb. 0,05 T. A napkorong széléhez közel eső foltoknál a mágneses tér függőlegessel bezárt hajlásszögének változása a folton belül arra vezethet, hogy a folt külső oldalán egy *ellentétes polarítású terület* jelenik meg (mivel a mágneses tér látósugár irányába eső vetülete más irányú a folt belső és külső oldalán). E jelenség okát a 10. ábra szemlélteti, míg a 11. ábrán, amely egy a napkorong szélén levő foltcsoportot mutat oldalnézetben, látható a nagy folt felfelé szétnyúló mágneses tere, és a belenyúló hamis nullavonal, ahol előjelet vált a látósugár irányú tér.

A napfoltok döntő többsége azonban nem egyedülálló, hanem *csoportokban* fordul elő. Egy tipikus, szabályos napfoltcsoport hosszúkás területet foglal el közepes heliografikus szélességeken, kiterjedése hosszúságban jóval nagyobb ( $10^\circ$ — $20^\circ$ ), mint szélességben ( $4^\circ$ — $8^\circ$ ). A Nap forgása szerinti vezető részén többnyire egy nagyobb, kompaktabb folt helyezkedik el, a foltcsoport végén ismét nagyobb foltok, közben apróbbak. A foltcsoport geometriai tengelye szöget zár be az egyenlítővel, a vezető folt többnyire közelebb van az egyenlítőhöz. Egy ilyen tipikus nagy napfoltcsoport néhány nap alatt fejlődik ki, és kb. egy hónapig él, legtovább többnyire a vezető folt marad meg.



10. ábra. Napfolt mágneses terének idealizált szerkezete és a geometriai helyzet a napkorong szélén



11. ábra. Napfoltcsoport a korong szélén 1969. június 14-én. A vonalkák a látósugár merőleges tér irányát és nagyságát jelzik, a — — — a látósugár irányú komponens pozitív és negatív értékeit elválasztó ún. nullavonal. Megfigyelhető a nagy napfolt mágneses terének felfelé táguló szerkezete és a folt perem felőli (jobb) oldalán a polaritás látszólagos megváltozása (v. ö. 9., 10. ábra)

Hale és S. B. NICHOLSON méréseiből kiderült, hogy a *tipikus foltcsoportok mágnesesen bipolárisak*: a vezető folt és környezete más mágneses polaritású, mint a foltcsoport másik fele. Ez jól megfigyelhető az 5., 7. és 9. ábrákon. A vezető foltok polaritására a következő, ún. *Hale-törvény* érvényes: egy napfoltcikluson belül a Nap egy-egy félgömbjén azonos a vezető polaritás, de az északi és a déli félgömbön ellentétes. A következő ciklusban viszont a vezető polaritások megcserélődnek, amelyik előbb a déli félgömbön volt vezető, most az északin lesz, és megfordítva. A jelenlegi napciklusban, mely 1976 júniusában kezdődött, az északi félgömbön az északi mágneses polaritás a vezető, a délin a déli. Ez a törvény a *tiszta bipoláris foltcsoportokra* érvényes. A többiek sem elhanyagolhatóak, mert éppen azokban a napfoltcsoportokban a legnagyobb az aktivitás, amelyekben a mágneses tér eloszlása eltér az átlagos, tiszta bipoláristól. Ritka esetekben az is előfordul, hogy közös penumbrában különböző mágneses polaritású umbrák fordulnak elő, egymás közvetlen szomszédságában. Az ilyen foltcsoportokban történik a legtöbb és legnagyobb napkitörés.

A naptevékenységi ciklus lefolyása során érvényesül még az ún. *Spörer-törvény*, ez annak a felismerése, hogy a foltok eleinte magasabb,  $30^{\circ}$ — $35^{\circ}$  szélességen jelennek meg, majd az aktivitás fokozatosan lefelé húzódik. Maximum idején az egész foltzóna (a kb.  $5^{\circ}$ — $35^{\circ}$  közti szélességek) aktív, majd a ciklus az egyenlítőhöz közeli szélességeken megjelenő foltokkal fejeződik be. Minimum idején néha egyidejűleg láthatók mind a befejeződő, mind a kezdődő ciklus foltjai, melyek heliografikus szélességük és mágneses polaritás-eloszlásuk szerint egyértelműen megkülönböztethetők. A Spörer-törvény *csak az aktivitás vándorlására* vonatkozik, maguk a napfoltcsoportok észrevehető szélességi mozgást nagyon ritkán mutatnak.

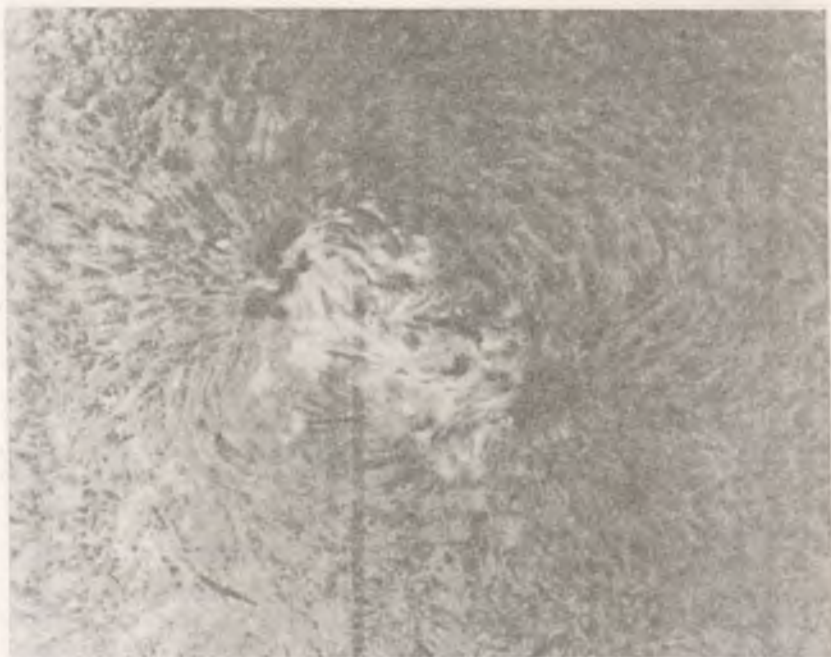
A fotoszférában a mágneses tér alapvetően a foltokban koncentrálódik, de másutt is előfordulnak *gyengébb mágneses terek*, mint az 5. és 7. ábrán látható. Ezek többnyire a *fáklyamezőknek* felelnek meg. Az ábrákon is megfigyelhető, szétágazó, bonyolult hálózat egyforma mind a mágneses tereknél, mind a fáklyáknál. Ez a hálózat egy gyakorlatilag nem mágneses háttérben helyezkedik el. *A foltcsoportokon kívüli háttér-tereknek másik jelentős tulajdonsága, hogy viszonylag nagy területeken csak egyféle mágneses polaritás található.*

Az eddig felsorolt, régóta ismert jelenségeken kívül a Skylab észlelései egy újfajta képződményre hívták fel a figyelmet, a napkoronában megfigyelhető *fényes röntgenpontokra*. Ezek kis méretű,  $2''$ — $3''$  látszó átmérőjű kifényesedésként jelentkeznek a  $0,3$ — $6$  nm hullámhosszú lágy röntgensugarak tartományában készült fényképeken. Élettartamuk átlagosan 8 óra, egyidejűleg  $30$ — $40$  figyelhető meg. A magnetogramokon *a fényes röntgenpontok alatt a fotoszférában kis,  $2''$ — $3''$  nagyságú bipoláris mágneses terek találhatók.*

### A mágneses terek fizikai jelentősége

Mint az előző fejezetből látható, *a Napon mindenütt megtalálhatók a mágneses terek*, sőt döntő fontosságúak a jelenségek dinamikájában. A Nap anyaga plazma állapotban van, így a benne végbemenő mozgások leírásával a mechanikának egy külön ága, az elektromosan vezető folyadékok és gázok mozgásmélete, a *magnetohidrodinamika* foglalkozik. Ennek egyenleteiből két, a továbbiakban számunkra lényeges tulajdonsága következik a plazmának. Az egyik az ún. *befagyási tétel*, amely azt mondja ki, hogy ha a vezetőképesség és/vagy a jellemző méretek igen nagyok, akkor az erővonalak mintegy be vannak fagyva az anyagba. Ez azt jelenti, hogy *az anyag és a mágneses tér közül az, amelyiknek nagyobb az energiája, rákényszeríti mozgásállapotát a másikra.* A magnetohidrodinamika egyenleteinek másik következménye, hogy *a mágneses tér irányában ún.*





12. ábra. A hidrogén vörös színeképvonalában készült spektroheliogram, mely a kromoszféra szálas szerkezetének vasreszelék-szerű beállását mutatja egy nagy bipoláris napfoltcsoportban. (Mount Wilson Observatory)

*Alfvén-hullámok tudnak terjedni*, melyeknek sebessége függ a mágneses tér erősségétől és az anyag sűrűségétől. Durva mechanikai analógiával az Alfvén-hullámok a mágneses erővonalak (mint rugalmas húrok) mentén terjedő rezgéseként szemléltethetők. Ezek a hullámok energiát is szállítanak, energiasűrűségük a mágneses tér négyzetével arányos.

*A napfoltok keletkezéséért mindkét effektust felelőssé tették az elméleti számítások.* Mint ismeretes, a környező fotoszférához képest a foltok umbrája kb. 1500 fokkal kisebb hőmérsékletű. Ez részben azzal magyarázható, hogy a folt kevésbé melegszik, ugyanis az erős mágneses tér lefékezi a konvenció mozgásokat, amelyek a közvetlenül a felszín alatti rétegekben a legfőbb kifelé szállítói a Nap magjában felszabaduló energiának, ezért csak a sugárzás és a hővezetés tudja fűteni a folt umbráját. Másrészt a folt mágneses terében keletkező Alfvén-hullámok az energiát gyorsan továbbítani tudják a felsőbb rétegekbe, így a folt nemcsak kevésbé melegszik, hanem jobban is hűl, mint a fotoszféra.

A fáklyamezők keletkezésénél is szerepet játszik a mágneses tér, amely ezekben gyengébb, mint a foltokban. Itt a fotoszféra felső rétegeibe érkező energia mennyiségét növeli meg, így ezekben a rétegekben néhány száz fokkal emelkedik a hőmérséklet. Ebből következik a foltcsoportok és a fáklyák közti szoros kapcsolat is: a gyengébb mágneses terek a foltok környezetében (valamint a foltcsoport létezése előtt és után) fáklyákként láthatók.

A fotoszférában, az anyag nagyobb sűrűsége miatt, — a napfoltok kivételével — az anyagmozgások tartalmaznak több energiát, mint a mágneses tér, így a befagyási tétel értelmében az *anyagmozgások deformálják a mágneses tér szerkezetét*. A fotoszféra és az alatta levő állandó réteg konvekciós mozgásban van. Ennek legfeltűnőbb megnyilvánulása a *fotoszférikus granuláció*, amely kb. 1000 km méretű és átlagosan 8 perc élettartamú, a környezetnél valamivel melegebb és fényesebb granulákból áll. A felszálló granulák hozzák az energiát a mélyből. Van azonban egy ennél nagyobb méretű hálózat is, az ún. *szupergranuláció*, melynek cellái mintegy 30 000 km átmérőjűek és élettartamuk egy nap körül van. A szupergranuláció nehezebben kimutatható, mert csak a fotoszférikus gázok vízszintes mozgásában jelentkezik, következményei azonban jól láthatók az 5. és 7. ábrán. Ez magyarázza a fáklyamezők és a mágneses terek hálós szerkezetét, mivel a vízszintes mozgások összeterelik a gyenge mágneses tereket a szupergranulációs cellák közé.

### Mágneses terek a kromoszférában és a koronában

A fotoszférával ellentétben a *naplégkör felső rétegeiben* (a csak különleges megfigyelő műszerekkel vagy teljes napfogyatkozáskor megfigyelhető kromoszférában és koronában) a *mágneses tér játssza a döntő szerepet* — a kisebb anyagsűrűség miatt. Mint a 12. ábra mutatja, amely a hidrogén vörös színképvonalában készült, a kromoszféra szálás szerkezete egy nagy bipoláris napfoltcsoporthoz hasonló a vasreszelék elhelyezkedésére egy mágnes sarkai körül. Előérzetünk nem csalt, a szálacskák valóban a mágneses tér irányát rajzolják ki a befagyás miatt.

Kivételt képeznek a nagy, sötét *filamentek*, amelyek tulajdonképpen a kromoszféra fölött lebegő *protuberanciák* — felülnézetben. Ezek rendszerint a mágneses tér függőleges komponensének polaritásait elválasztó, ún. *nullavonalon* találhatók. A protuberanciákban különösen jól megfigyelhető a mágneses tér mozgásszabályozó hatása. A *nyugodt protuberanciákban* a környezeténél kb. százszor sűrűbb anyagot a mágneses tér tartja felfüggesztve időnként hónapokig is a kromoszféra felett. A foltcsoportok környezetében előfordul, néha több száz km/s sebességű

anyagmozgásokat is mutató *aktív protuberanciákban* az anyagmozgás változatosan görbült pályái rajzolják ki a mágneses erővonalakat. Erre szép példát mutat a 13. ábra.

A kromoszférában kis sűrűsége miatt az anyag nem tud észrevehető hatást kifejteni a befagyott mágneses térre, ezért a tér igyekszik olyan szerkezetet felvenni, amelyben egyensúlyban van. Ennek esete az ún. *erőmentes tér*, amelyben áramok csak az erővonalak irányában folyhatnak, és emiatt nem lépnek fel elektromágneses erők, a tér szerkezete nem változik az idővel, ha nincs külső ráhatás. Általános esetben egy ilyen erőmentes mágneses teret kiszámítani rendkívül nehéz, ezért eddig csak bizonyos egyszerűsítő föltevések mellett sikerült. Az ilyen terek jellemzője az *erővonalak csavart szerkezete*. Ezen elméleti megfontolásokat támasztja alá, hogy a protuberanciákban gyakran megfigyelhetők nagyjából csavarvonal mentén történő mozgások.

A fotoszféra fölött található az annál jóval ritkább, de magasabb hőmérsékletű kromoszféra, s e felett a még ritkább, de millió fok körüli hőmérsékletű *korona*. Mindkettő hőmérsékletének fenntartásában lényeges szerepet játszanak a fölfelé haladó *lökéshullámok*, amelyek a fotoszféra



13. ábra. Tipikus hurokprotuberancia, amely kirajzolja a mágneses erővonalakat. (Sacramento Peak Observatory)



alatti konvekciós mozgások keltette hanghullámokból alakulnak ki. A mágneses terek jelenléte bonyolítja e folyamatot, mert egyrészt megjelennek az energiaszállításra szintén alkalmas, a mágneses tér mentén terjedő Alfvén-hullámok, másrészt a hanghullámok is átalakulnak kétféle ún. *magnetoakusztikus hullámmá*. Emiatt a kromoszféra és különösen a korona rendkívül egyenetlen szerkezetű, a bennük található mágneses terek nagy sűrűség-, hőmérséklet- és sugárzáskülönbségekhez vezetnek. *Így a kromoszféra és koronafelvételeken láthatóan kirajzolódnak a mágneses erővonalstruktúrák*. A szupergranulációs cellák határaitra sodort, függőleges irányú mágneses terek például jól megfigyelhetők a 14. ábrán mint fűszál-szerű szpikulák. A korona egyenetlen szerkezete szembevetendő a 15. ábrán is.

A koronában kifelé haladva, bizonyos távolságra a napfelszíntől a magas hőmérséklet miatt a plazma részecskéi közül a leggyorsabbak eléri a helyi szökési sebességet. Tovább haladva kifelé a szökési sebesség még tovább csökken, így a koronának nincs külső határa, hanem folytonosan átmege a *napszélbe*, amely pár száz km/s sebességgel nagyjából radiálisan kifelé haladó anyagáramlás. A mágneses tér szerepe is megváltozik kifelé haladva, míg a belső koronában a tér határozza meg a részecskék mozgását, sugárirányban haladva a térerősség gyorsabban csökken, mint az anyagsűrűség, így a *napszélben már a kifelé irányuló anyagmozgás húzza ki magával a mágneses teret*. Az erővonalak azonban a forgó Nap felületéhez vannak kötve, e kölcsönhatások együttese alakítja ki a napszél jellegzetes, spirális szerkezetét (16. ábra).

### A naptevékenység és a mágneses terek

Az előzőekben már szó esett a naptevékenység egyik jelenségéről, a napfoltokról. Helyesebb azonban nem napfoltcsoportról, hanem *aktív vidékről* beszélni. Egy aktív vidék a Nap felszínének és légkörének teljes keresztmetszetét áthatja, a lényeges benne a *mágneses tér megjelenése*. Ez a fotoszférában először fáklyákat, később foltokat hoz létre. A napfoltcsoport felett mind a kromoszféra, mind a korona jelentősen kifényesedik, a kromoszférában gyakran mennek végbe napkitörések, és jelennek meg ezekkel kapcsolatban aktív protuberanciák. Az egész említett jelenség-sorozat a mágneses térnek köszönheti létét.

Eddig kevés szóesett a naptevékenység egyik nagyon lényeges eleméről, a *napkitörésekről*. Ezek nem tévesztendőek össze sem az eddig említett napfáklyákkal, sem a protuberanciákkal, bár az utóbbiak bizonyos típusaival kétségtelenül kapcsolatban állnak. A napkitörés (részletes leírását lásd az 1972. évi Csillagászati Évkönyvben) tulajdonképpen nem más, mint hirtelen energiaszabadulás az aktív vidék felsőbb rétegeiben, fő-





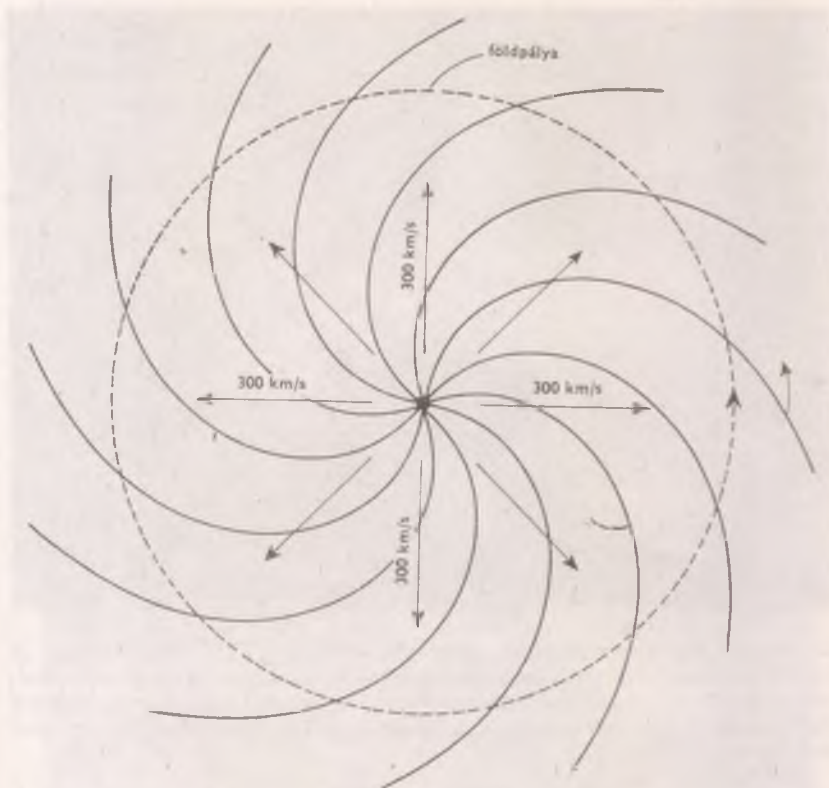


15. ábra. A napkorona rendkívül egyenellen szerkezete (1970. március 7-én). A kép két megfigyelésből van összedállítva, a külső koronakép napfogatózás alkalmával készült (High Altitude Observatory), a napkorongon a koronát rakétáról fényképezték a lágy röntgensugárzás tartományában (American Science and Engineering)

leg a kromoszférában. Fizikai lényege még nem tisztázott, de abban mindenki egyetért, hogy csak az aktív vidék mágneses tere lehet az, amely képes tárolni ilyen mennyiségű energiát (max.  $\sim 10^{26}$  joule) és ezt hirtelen, kb. félóra alatt felszabadítani.

Más megfigyelések is rámutatnak a napkitörések és a mágneses tér kapcsolatára, például a nagy napkitörések rendszerint a foltsorozat közepén, a mágneses polaritásokat elválasztó nullavonal (és az esetleg e felett lebegő filament) két oldalán jelennek meg. Befolyásolja a napkitörések gyakoriságát a foltsorozat mágneses terének bonyolultsága is, gyakoribbak azokban a csoportokban, amelyekben közös penumbrában

14. ábra. Kromoszférakép a napkorong széléről. Jól láthatók a szupergranulációs cellák határán elhelyezkedő, fűszálakra emlékeztető szpikulák. (Sacramento Peak Observatory)



16. ábra. A napszél idealizált szerkezete

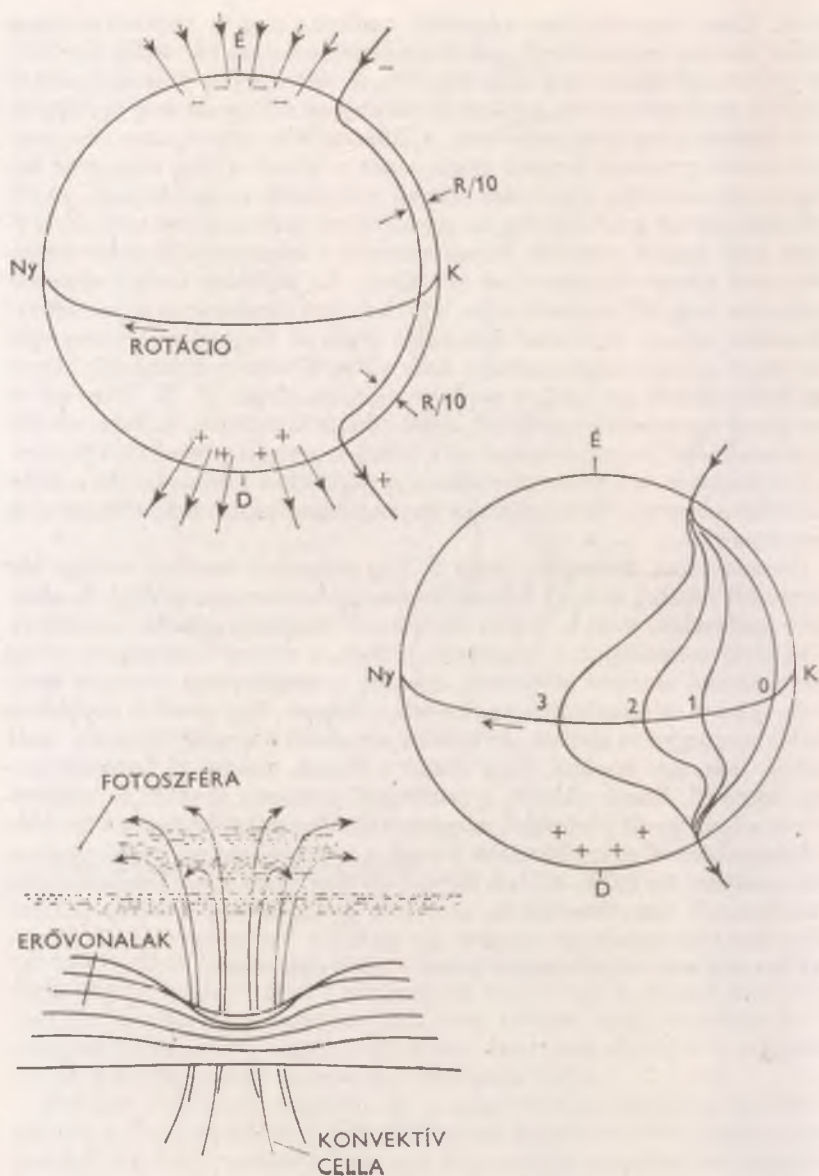
egymás mellett ellentétes polaritású umbrák találhatók, vagy ha a bipoláris csoport tengelye nem a megszokott kelet-nyugati, hanem észak-déli irányú. Mindamellett azonban még nem világos, hogy mi váltja ki az energiafelszabadulást a napkitörésekben, és hogyan alakul át a mágneses térben felhalmozódott energia más energiafajttákká.

Érdekes eredményt kapunk, ha a magnetohidrodinamika egyenletei alapján a Nap plazmájának fizikai állapotát figyelembe véve kiszámoljuk, mennyi időre van szükség, hogy egy nagy napfolt mágneses tere eltűnjön. Nagyjából száz év jön ki, ami lényegesen túlhaladja az eddig megfigyelt leghosszabb élettartamú folt korát is, mely legfeljebb néhány hónap. Nyilvánvaló, hogy a mágneses tér életében a napfolt csak egy közbeeső stá-

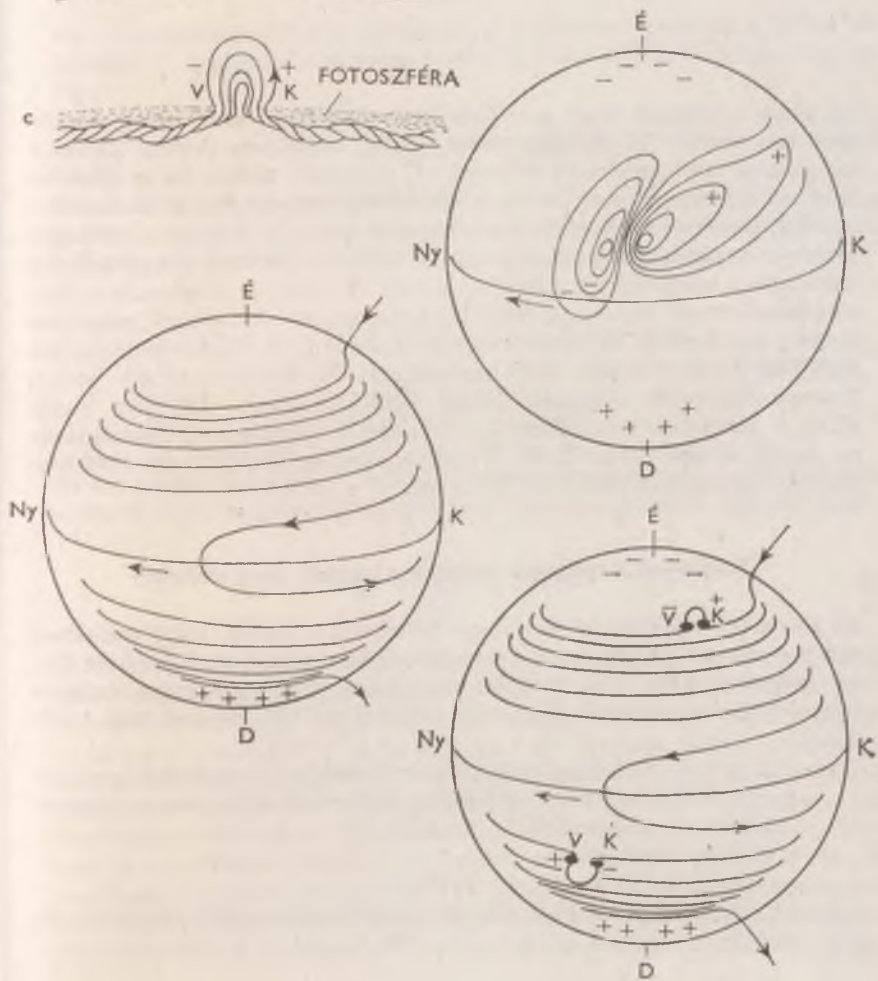
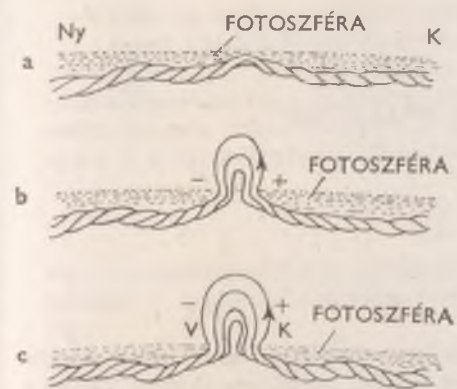
dium. Ezzel kapcsolatban végezetül említsük meg a naptevékenységi ciklus jelenleg leginkább elfogadott elméletét, amelyet bár sokan bíráltak, de jobbat kidolgozni még nem sikerült. A *Babcock-féle dinamóelmélet* és későbbi javításai szerint, a kiinduló állapotban a Napnak van egy általános, dipólus jellegű mágneses tere. A differenciális rotáció, azaz az egyenlítői részek gyorsabb forgása miatt ennek a térnek a Nap anyagába befagyott és eredetileg észak-déli irányú erővonalai meggörbülnek, az idő előrehaladtával gyakorlatilag az egyenlítővel párhuzamossá válnak, egyúttal a tér meg is erősödik. Ennek a térnek a felszínre bukkanása esetén láthatjuk a napfoltcsoportokat (17. ábra). Ez utóbbiak követő részének mágneses tere, felbomlásuk után, a sarkok felé vándorol, és az eredetivel ellentétes irányú dipólteret hoz ismét létre. A Nap pólusai környékén észlelhető gyenge mágneses teret, azaz a Nap általános dipólterének ilyen polaritásváltását az 1957-es napfoltmaximum idején H. W. Babcock és Szevernij egymástól függetlenül kísérletileg is kimutatta. A Babcock-féle dinamóelmélet jó magyarázatot ad a foltok mágneses terének törvényeire, a ciklikusságra és a polaritásváltásra, a napciklust visszavezetve a differenciális rotációra. Ennek okát és fenntartó mechanizmusát viszont még nem ismerjük.

Összefoglalva, láthatjuk, hogy a Nap mágneses tereinek mérése bár bonyolult feladat, és nagy teljesítőképességgű műszereket igényel, de alapvető fontosságú, mert a Napon végbemenő majdnem minden jelenség fizikájában megtaláljuk a mágneses tereket, a naptevékenységben pedig meghatározó szerepet játszanak. Jelenleg a megfigyelési technika eredményei kissé előreszaladtak az elmülethez képest. Egy elméleti napfizikus tréfás megjegyzése szerint „be kellene szüntetni a megfigyeléseket, mert mikor már úgy érezzük, hogy értjük a Napot, mindig új bonyodalmat hoznak”. Ennek ellenére, a napészlelő műszerek további fejlesztésével és a megfigyelt jelenségek magnetohidrodinamikai leírásának további tökéletesítésével egyre közelebb jutunk a naptevékenység végső okainak feltárásához. Az 1979—81-ben folyó Nap Maximum Évek nemzetközileg összehangolt kutatássorozata, melyben gyakorlatilag a világ minden ilyen témával foglalkozó intézete, így az MTA Napfizikai Observatóriuma is részt vesz, újabb lépést jelent e célok elérésében.





17. ábra. A Nap mágneses tereinek változása a naptevékenységi ciklus során, a Babcock-féle dinamoelmélet szerint



## MÁGNESES CSILLAGOK

Az, hogy a Napnak vagy a csillagoknak mágneses terük lehet, először 1889-ben merült fel. Néhány évvel később, 1896-ban PIETER ZEEMAN felfedezte a színekpvonalak felhasadását mágneses térben. Ez az effektus nemcsak a fizikusok kezébe adott kitűnő eszközt az atomok szerkezetének kifürkészéséhez, hanem lehetőséget nyújtott a Nap és a csillagok mágneses terének tanulmányozására is. 1908-ban GEORGE ELLERY HALE kimutatta a mágneses tér jelenlétét a napfoltokban, és megkezdte a Nap mágneses terének szisztematikus tanulmányozását. A csillagok mágneses terének kimutatását többen is megkísérelték. A Lick Observatóriumban 1910-ben W. H. WRIGHT, 1913-ban pedig P. W. MERRILL próbálta meg a Zeeman-felhasadás kimérését, majd 1915-ben HALE, 1937-ben pedig M. G. J. MINNAERT tett sikertelen kísérletet a mágneses tér kimutatására. Az első sikeres mérés H. W. BABCOCK nevéhez fűződik, aki 1946-ban Zeeman-felhasadást észlelt a 78 Vir-nél.

### Módszerek a csillagok mágneses terének megmérésére

Az első sikeres kísérlet után azonnal felmerült a kérdés, hogy valójában mit is mérünk? Ahhoz, hogy a pusztán mérési eredménynek konkrét fizikai tartalmat adhassunk, a csillagra és annak mágneses terére bizonyos feltevéseket kell tennünk. Babcock a következő feltevéseket tette 1947-ben:

- a mágneses és a forgási tengely egybeesik, és mindkettő a megfigyelő irányába mutat. (Általános szóhasználatnál élve a csillagot „pole on” — pólusa felől — látjuk);
- a csillag gömb alakú;
- a szélsőtétedési koeficiens: 0,45;
- az abszorpciós vonalak ekvivalens szélessége a csillag felületén állandó;

— a csillag mágneses terének szerkezete egy homogén módon mágnesezett gömb mágneses terével egyezik meg, azaz dipólus jellegű. Ezek a feltevések teljesen logikusnak tűnnek, de hadd jegyezzük meg már most előljáróban, hogy a „valódi” mágneses csillagoknál talán csak a második feltevés teljesül néha.) A csillag felületén a mágneses térerősség ekkor (1. ábra) a következő formulával adható meg:

$$H = 1/2 H_p (1 + 3 \sin^2 \varphi)^{1/2}, \quad (1)$$

ahol  $\varphi$  az asztrografikus szélesség,  $H_p$  a mágneses térerősség a csillag pólusában. A mágneses térerősség  $z$  irányú (azaz radiális) komponense pedig:

$$H_z = [z^2 - 1/2(x^2 + y^2)] H_p. \quad (2)$$

Mi a csillag felületének egyik félgömbjén az átlagos mágneses teret ( $H_e$ ) észleljük, tehát  $H$  (1)-ben megadott értékét a szélsőtétellel súlyozva integrálnunk kell. Így az effektíve mért átlagos térerősség:  $H_e =$

$$\frac{H_p \int_0^{\pi/2} \sin \varphi \cos \varphi (1 + 3 \sin^2 \varphi)^{1/2} (0,55 + 0,45 \sin \varphi) \cos \varphi d\varphi}{2 \int_0^{\pi/2} \sin \varphi \cos \varphi (0,55 + 0,45 \sin \varphi) d\varphi} = 0,311 \cdot H_p$$

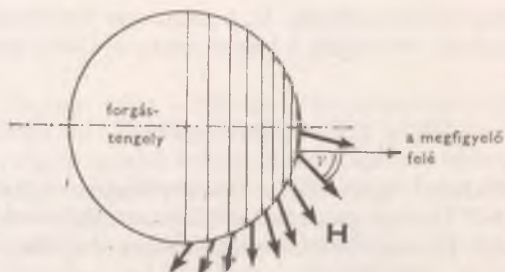
Ez azt jelenti, hogy ha  $H_e$  átlagos mágneses teret észlelünk (feltevéseink mellett), akkor a pólus menti mágneses tér erőssége ennél nagyobb, azaz:

$$H_p = \frac{H_e}{0,311} \approx 3 H_e \quad (4)$$

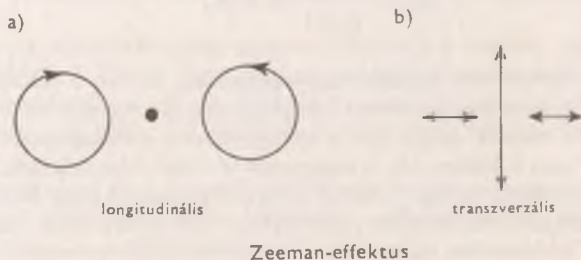
A Zeeman-effektus azt jelenti, hogy mágneses térben a színeképvonalak (általában) három komponensre hasadnak fel. Az úgynevezett  $\pi$  komponens helyben marad, míg a két  $\sigma$  komponens a  $\pi$  komponenshez képest  $\pm \Delta\lambda$ -val el van tolódva. Ha a mágneses tér irányába nézünk, akkor a  $\pi$  komponens eltűnik, és csak a két  $\sigma$  komponens marad meg. Ezek azonban ellentétes irányban körkörösen polarizáltak (2/a. ábra). Ha a mágneses tér merőleges a látóirányra, akkor mind a  $\pi$ , mind a  $\sigma$  komponensek jelentkeznek, de mindhárom lineárisan polarizált, a 2/b. ábrán látható módon. A merőleges és párhuzamos helyzet két, egymástól elütő, szélsőséges esetet képvisel. Szokás ezért olyan műszereket készíteni, amelyekkel a több komponensre szakadt színeképvonal intenzitásvizonyainak méréséből a mág-



neses tér párhuzamos és merőleges komponensei meghatározhatóak. Mindkét esetben a végső cél a  $\Delta\lambda$  vonalfelhasadás megmérése, de ennek megállapításához a színeképvonalak összetevőinek polarizációs tulajdonságait is ki kell használni.



1. ábra. Egy csillag mágneses tere a felszínen, ha a tér  $\vec{m}$  dipólus jellegű. A Babcock-féle modell szerint a mágneses és a forgástengely egybeesik és a megfigyelő irányába mutat. A későbbiekben kitűnt, hogy a csillagok mágneses tere ennél lényegesen bonyolultabb



2. ábra. A Zeeman-effektus. Ha a mágneses tér párhuzamos a látóiránnyal, akkor a színeképvonal két egymással ellentétes irányban cirkulárisan polarizált komponensre bomlik (a.). Ha merőlegesen nézünk a mágneses térre, akkor három (a b. ábra szerint) lineárisan polarizált komponenst kapunk

Mint ismeretes, a felhasadt vonalak eredetihez képesti  $\Delta\lambda$  eltolódása:

$$\Delta\lambda = \pm \frac{eH_e \lambda^2}{4\pi mc} = \pm 4,67 \cdot 10^{-8} \lambda^2 H_e \quad [\text{nm}], \quad (5)$$

ahol  $H$  a mágneses térerősség\* (teslában),  $\lambda$  a vonal hullámhossza (nm-ben),  $e$  az elektron töltése,  $m$  az elektron tömege és  $c$  pedig a fénysebesség. Ha  $H_e$  helyett a  $H_p$  poláris mágneses térre vagyunk kíváncsiak, akkor:

$$\Delta\lambda = \pm 1,45 \cdot 10^{-8} \lambda^2 H_p \quad [\text{nm}], \quad (6)$$

vagy  $\lambda = 450$  nm-nél (azaz 4500 Å-nél):

$$\Delta\lambda_{450} \approx 3 \cdot 10^{-3} \quad [\text{nm/T}]$$

Ez 0,1 teslá (1000 gaussos) indukciójú mágneses tér esetén

$$\Delta\lambda \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ nm-es, vagyis } 0,003 \text{ Å-ös}$$

felhasadást jelent. Ez olyan kicsiny mérvű, hogy még a polarizációs szétválasztás esetén is legalább 10 Å/mm-es felbontóképességű spektrográfra van szükségünk a kimutatásához. Ezzel is csak akkor lehetséges, hogyha más effektusok (például a forgás) nem szélesíti ki túlságosan a színeképvonalakat. Ahhoz tehát, hogy a csillagok mágneses terét észlelni tudjuk, legalább 10 Å/mm-es felbontóképességű spektrográfra van szükségünk.

### A mágneses tér észlelésének eredményei

A mágneses csillagok száma 1963-ban érte el a százat, és jelenleg kb. 150 darabot ismerhetünk. A legtöbb mágneses csillag „Ap típusú”, amely színeképosztály a mai értelmezés szerint magában foglalja a szabálytalan spektrumú csillagokat B8-tól F2-ig. Ezért szokás néha a mágneses csillagokat azonosítani az Ap csillagok osztályával, ami végeredményben helytelen, mert ritkábban ugyan, de más típusú csillagokról

\* Pontosabban szólva a mágneses indukció. A képletben tehát valójában B-t kellene használni, a CGS-rendszerre épített asztrofizikai irodalomban azonban annyira elterjedt e helyett a H használata, hogy a formulát (alakjának változatlanúsága érdekében) így közöljük. — A szerz.

is mutattak már ki mágneses teret. Ilyen például maga az RR Lyrae, amely azért érdekes, mert hol van, hol pedig nincs mágneses tere. (Ez egyébként beleillik az RR Lyraeak DETRE LÁSZLÓ által kidolgozott mágneses ciklus-elméletébe.) Mágneses teret mutattak ki néhány vörös óriás és vörös törpe csillagnál is. Példaként hadd említsük „magát” a BY Draconist, amelyről más módon is sikerült kimutatni, hogy foltos. A mágneses csillagok között vannak még S típusúak is. A „közönséges” mágneses csillagoknál észlelt átlagos, (tehát a félgömbre kiintegrált)  $H_e$  mágneses tér néhány század teslától néhány tesláig (azaz néhány száz gausstól néhány tízezer gaussig) terjed. A legerősebb tere a HD 215441\*-es jelű csillagnak van, ahol a térerősség (maximumban) eléri a 3,4 teslát (azaz a 34 000 gauss).

Szeretnénk nyomatékosan hangsúlyozni, hogy a „mágneses csillag” kifejezés nem pusztán csak azt jelenti, hogy a csillagnak mágneses tere van, hanem ennél lényegesen többet: *a csillag egyik félgömbjére átlagolt mágneses tér erőssége meghaladja az észlelhetőség alsó határát, amely legalább néhány század tesla.* Ezért igazából, amikor mágneses csillagokról beszélünk, erős mágneses terű csillagokról kellene szólnunk. A Napról például már a legközelebbi állócsillag távolságából sem tudnánk megmondani, hogy van-e mágneses tere. Így tehát feltehetően minden csillag rendelkezik mágnességgel, de mágneses csillagnak csak akkor nevezük őket, ha a tér erőssége jelentős.

Az előzőekben külön hangsúlyoztuk, hogy a „közönséges” csillagok mágneses teréről beszélünk. Ezt azért tettük, mert a különleges csillagok között is vannak olyanok, amelyek fantasztikus erősségű mágneses térrel rendelkeznek. Ilyenek a fehér törpék és a neutroncsillagok. Az (egyelőre még vitatott értelmezésű) mérések szerint a fehér törpe csillagokon több száz, a neutroncsillagokon több százezer tesla indukciójú teret mutattak ki. E grandiózus mágneses terek értelmezése, részletes vizsgálata még nem történt meg, ezért a következőkben csak a „közönséges” csillagok mágneses terének vizsgálatával fogunk foglalkozni, ezek közül is elsősorban a mágneses csillagok legfontosabb osztályát képező Ap csillagokkal.

### Az Ap csillagok

Mint már említettük, Ap (vagy másképpen  $\alpha^2CVn$  típusú) csillag alatt a pekuliáris (különleges) spektrumú B8—F2 csillagokat értjük. Mint ismeretes, a színképosztályba való sorolás többféle módon is történhet. Így például az egyes színképvonalak relatív intenzitása és az  $(U-B)/(B-V)$

\* HD: Henry Draper katalógus 215441-es számú csillaga.

grafikonon elfoglalt hely alapján is. Az Ap csillagokra jellemző, hogy a különböző módokon történő spektrálklasszifikációk egymástól (sokszor egy teljes színképosztályban is) különböző eredményt adnak. Előfordul például, hogy a csillag a hidrogén és kalcium vonalak, továbbá az UVB-osztályozás alapján A2 típusú, de a hélium vonalak relatív intenzitása alapján már valahová az F-be esik.

Mivel sokféle pekuliaritás lehetséges, mondanunk sem kell, hogy az Ap csillagok sem alkotnak egységes osztályt, hanem három alcsoportra bomlanak:

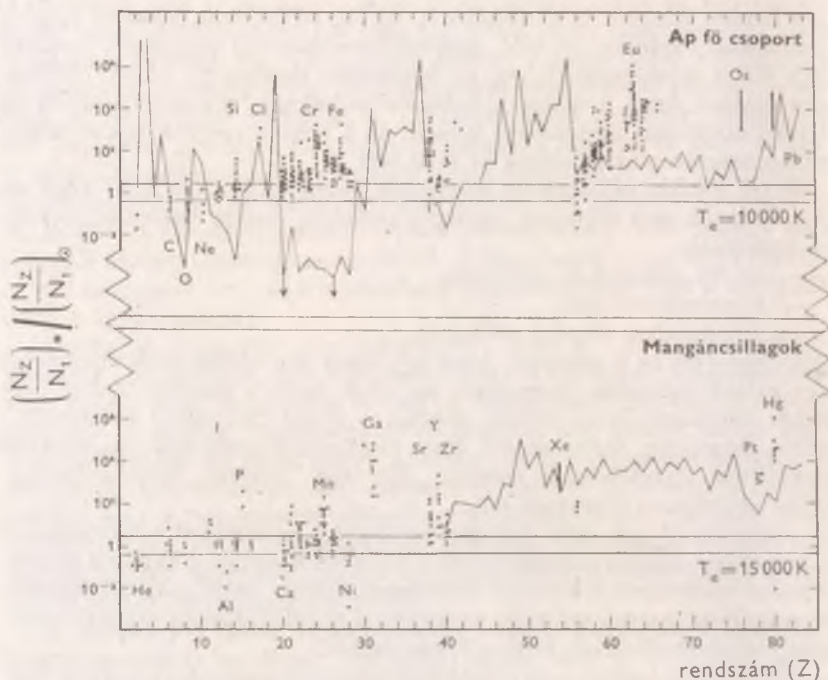
- az Ap csillagok fő csoportja,
- a mangáncsillagok,
- a héliumban szegény csillagok.

*A fő csoportra* az a jellemző, hogy egy egész sor kémiai elem vonalának ekvivalens szélessége lényegesen nagyobb, mint a hasonló típusú csillagok esetében. Ilyen elemek például a ritka földfémek: a szilícium, króm, stroncium, európium stb. Ezek vonalainak persze nem kell egyenlő mértékben erősebbeknek lenniük. Így van például szilíciumcsillag, króm—európium objektum stb.

*A mangáncsillagok* erős mangán és higany vonalakkal rendelkeznek. *A héliumban szegény csillagoknál* az UVB spektráltípushoz képest a hélium vonalak ekvivalens szélessége lényegesen kisebb, mint más, ugyanebbe az osztályba tartozó csillagok esetében; a ritka földfémek vonalai azonban kevésbé erősebbek, mint a fő csoportnál.

Bár — mint tudjuk — a vonalak erősségéből (azaz az ekvivalens szélességből) még nem lehet közvetlenül a csillag kémiai összetételére következtetni, mégis már a felületes vizsgálatok is *anomális kémiai összetételre* utalnak. A részletes számítások megerősítik ezt a sejtést, és bizonyos elemeknél (európium) milliószeres túpopuláltságot is mutatnak. Ez mindenképpen a normálistól lényegesen elütő kémiai összetételt jelent, még akkor is, ha a kémiai összetétel meghatározásánál (különösen az Ap csillagok esetében) sok bizonytalansági tényező játszhat szerepet. *A csillagok kémiai összetételének meghatározásánál ugyanis a csillag légkörének modelljét is meg kell alkotnunk, ami éppen az ilyen csillagok esetében teljesen bizonytalan.* A 3. ábrán az Ap csillagok fősorozatahoz tartozó objektumok és a mangáncsillagok átlagolt kémiai összetételét tüntetjük fel. A normális csillagok kémiai összetételénél a különböző elemek gyakoriságát egységnyiinek vettük, és ehhez viszonyítottuk az Ap csillagokban található elemgyakoriságokat. Az Ap főcsoportnál a hélium körüli elemek a normálisnál szegényebbek, a 12-es rendszám-tól felfelé (vascsoport) levő elemek gyakoribbak, míg a ritka földfémek igen gyakoriak. A mangáncsillagoknál a mangán, a foszfor, a gallium és a higany igen gyakori, míg az alumínium, a kalcium és a nikkel alulpopulált.





3. ábra. Ha a „normális” kémiai eloszlás szerinti arányt egységnyiinek vesszük, akkor az ábra pontjai azt mutatják, hogy az egyes elemek hányszor gyakrabban, illetve hányszor ritkábban fordulnak elő. Fent az Ap csillagok fő osztályába tartozó, lent a mangáncsillagok. (A kihúzott görbének itt semmi jelentősége sincs.)

Szinte mindegyik olyan, az Ap főcsoportba tartozó csillagnál, amelynek éles vonalai vannak, tehát amelyre feltehetően „pole on” látunk vagy amely lassan forog, mágneses teret lehet kimutatni. Nem túl merész tehát az a megállapítás, hogy az Ap főcsoportba tartozó csillagoknak erős mágneses terük van. A héliumban szegény és a mangáncsillagoknál nem mutatták ki a mágneses teret. (Kivétel a  $\sigma$  Ori E jelű héliumszegény csillag, melynek mágneses terét 1979-ben mérte meg LANDSTREET és BOVRA.)

## A mágneses változók

Azok az Ap csillagok, amelyeknek sikerült a mágneses terét megmérni, mind *változtatják is a tér erősségét*. A térerősség változása általában az átlagos térerősség nagyságrendjébe esik. Néhány példát mutatunk be a mágneses tér változására a 4—7. ábrákon. A változás jellegétől függően három alosztályba soroljuk a mágneses változókat:

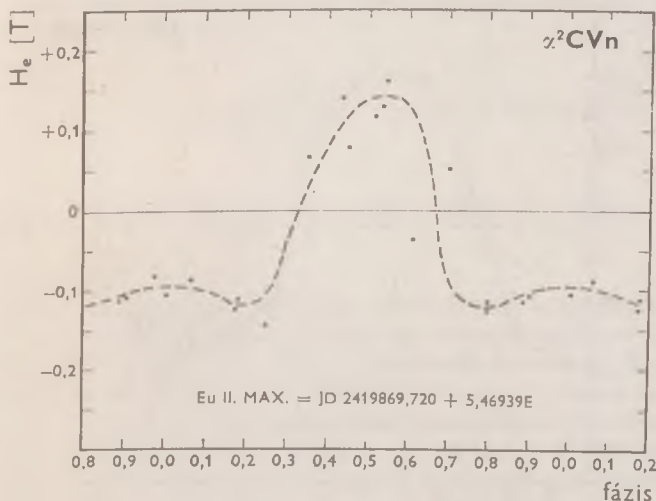
$\alpha$  osztály: A mágneses tér erőssége és polaritása szabályos periódussal változik. Jellegzetes képviselője:  $\alpha^2$ CVn.

$\beta$  osztály: A mágneses tér változása szabálytalan, de a polaritás megfordul. Jellegzetes képviselője:  $\beta$  CBr.

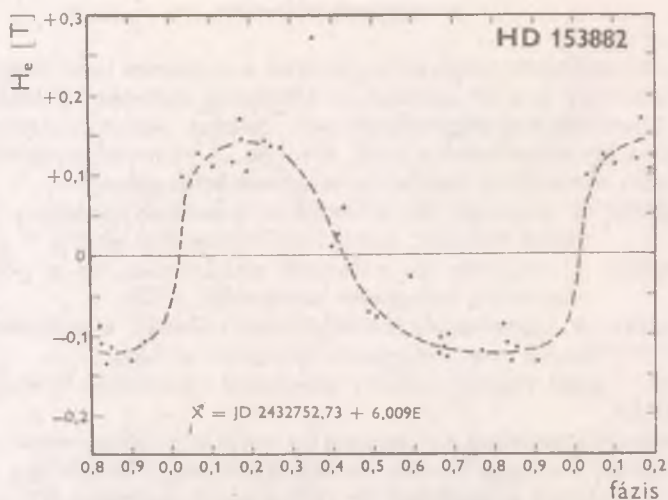
$\gamma$  osztály: A mágneses tér szabálytalanul változik, a polaritás nem fordul meg. Jellegzetes képviselő:  $\gamma$  Equ.

Az  $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\gamma$  típusú változók néhány jellegzetes képviselőjét táblázatban tüntettük fel.

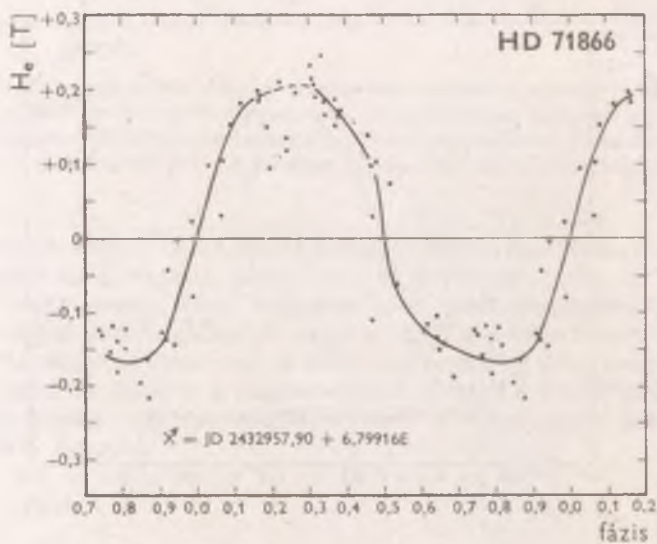
Az  $\alpha$  alosztály esetében a mágneses tér szabályos változásának periódusa általában 4—7 nap közötti, de úgy tűnik, hogy létezik egy olyan csoport is, amelynél a mágneses tér változásának periódusa 100 nap és 23 év (HD 9996) között van.



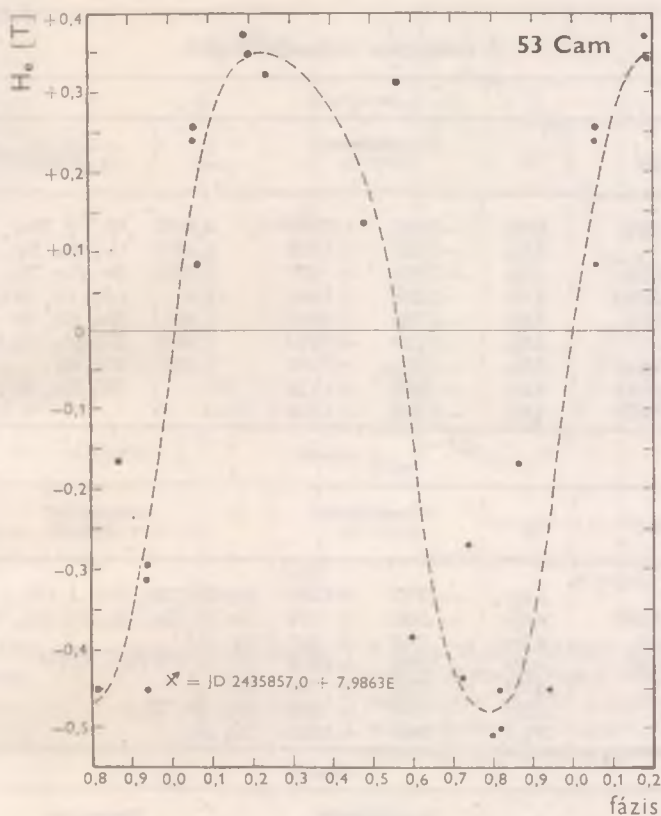
4. ábra. Az  $\alpha^2$  Canum Venaticorum mágneses terének változása ( $P = 5^d,47$ )



5. ábra. A HD 153882 jelű csillag mágneses terének változása ( $P = 6^{\text{d}}01$ )



6. ábra. A HD 71866 jelű csillag mágneses terének változása ( $P = 6^{\text{d}}80$ )



7. ábra. Az 53 Camelopardalis mágneses terének változása ( $P = 7^d,99$ )

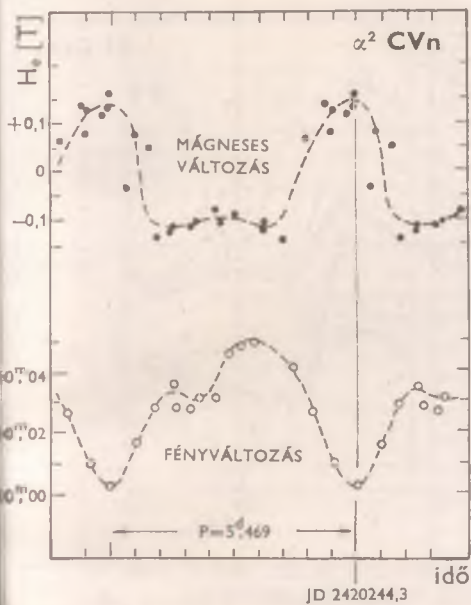
GUTHNIK és PRAGER már 1914-ben észrevette (Potsdamban), hogy az  $\alpha^2 CVn$  (azaz a HD 112413, amely ma már a mágneses csillagok „prototípusa”) fényváltozást is mutat. Ekkor persze még nem ismerték a mágneses csillagokat. STIBBS, PROVIN, JARZEBOWSKI és RAKOSCH az 50-es években és a 60-as évek elején szisztematikus kutatásokba kezdett a mágneses csillagok fényváltozásainak kimutatására, és kutatásait siker koronázta. Sok mágneses csillag esetében sikerült a fényingadozást is igazolni (8—11. ábrák). A fényváltozások elsősorban az Ap fősozozat-hoz tartozó csillagokra jellemzőek, míg például a mangáncsillagok csak ritkán változtatják fényességüket (kivétel az  $\alpha$  And). A fényváltozás



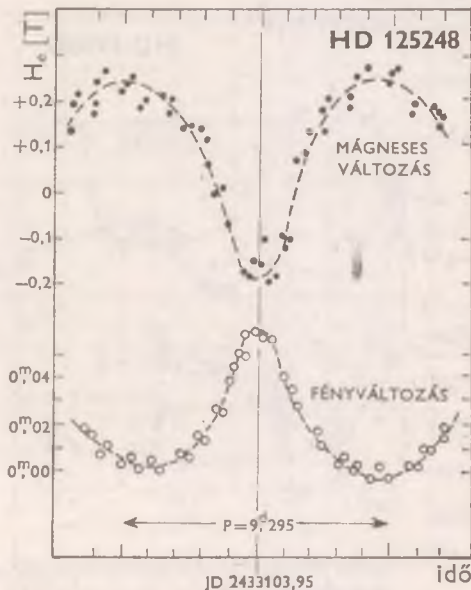
## A mágneses változócsillagok

$\alpha$ változók					
Csillag	Sp.	$H_{\alpha}$ szélesséértékei ( $10^{-4}$ T)		P (nap)	Megjegyzés*
HD 32633	B9p	—3960	+2220	4,003	Si, Cr, Eu
$\alpha^2$ CVn	A0p	—1400	+1600	5,469	Cr, Eu, Sr
HD 98088	A2p	—1000	+800	5,905	Sr, Ba, Ti
HD 153882	A4p	—1200	+1440	6,01	(Sr, Cr, Mn)
HD 71866	A0p	—1700	+2000	6,80	Eu, Gd, Sr
53 Cam	A2p	—5120	+3510	7,986	Ti, Mg, Sr, Cr, Eu
HD 125248	A0p	—1900	+2100	9,295	Eu, Cr
HD 188041	A5p	—230	+1470	226	Gd, Eu, Sr
HD 187474	A0p	—1900	+1800	2500	
$\beta$ változók					
Csillag	Sp.	$H_{\alpha}$ szélesséértékei ( $10^{-4}$ T)		Megjegyzés* $\gamma$ változók	
21 Per	A0p	—1270	+1350	Si, Mn, Sr, Eu, $\lambda$ 420,1	
HD 173650	A0p	—540	+700	Sr, Si, Mn, Cr, Eu, Gd, $\lambda$ 420,1	
HD 8441	A2p	—750	+400	Sr, Gd	
HD 10783	A2p	—1200	+2200	Si, Sr, Cr (Eu, Gd)	
3 Hya	A2p	—480	+740	Sr	
73 Dra	A2p	—700	+200	Eu, Sr, Ti	
$\beta$ CrB	F0p	—960	+1020	Sr, Eu	
$\gamma$ változók					
Csillag	Sp.	$H_{\alpha}$ szélesséértékei ( $10^{-4}$ T)		Megjegyzés* $\gamma$ változók	
HD 133029	A0p	+1150	+3270	Si, Cr, $\lambda$ 420,1	
78 Vir	A2p	—1680	—140	Sr, Cr, Eu	
HR 710	A4p	—1080	—320	Cr, Sr, Eu	
52 Her	A4p	+840	+1430	Sr (Eu)	
$\gamma$ Equ	A7p	+180	+880	Eu, Mg, Sr (Si)	

\* Az anomális kémiai eloszlást mutató elemek. A dőlt betűk esetén a kémiai összetétel változik is.



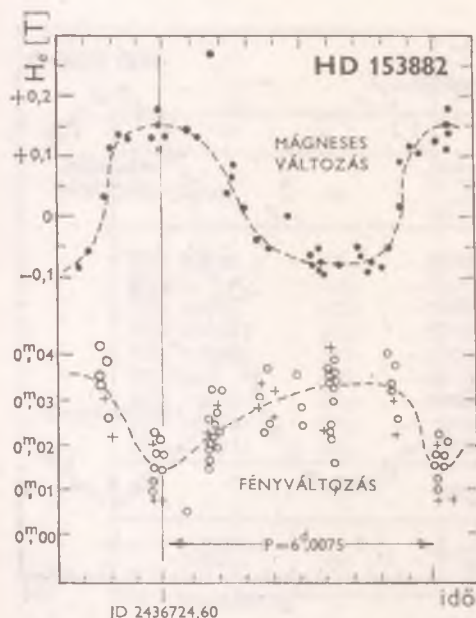
8. ábra. Az  $\alpha^3$  CVn mágneses terének és fényességének változása



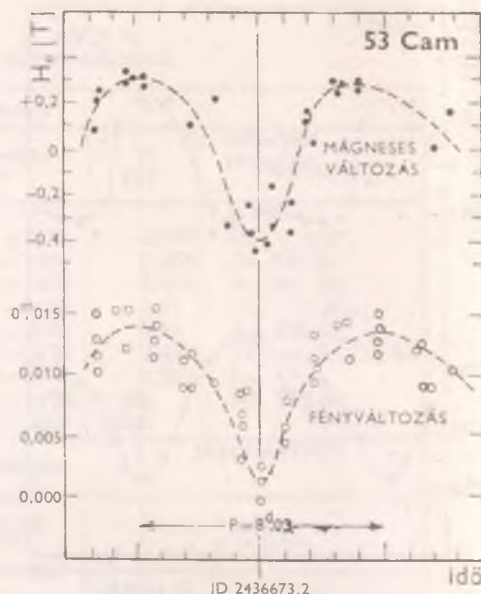
9. ábra. A HD 125248 jelű csillag mágneses terének és fényességének változása. A fényesség maximuma a déli polaritású mágneses tér maximumával esik egybe. A két görbe szinte tökéletesen egybeesnek (hasonlóan a 8. ábrához)

mértéke azonban rendkívül csekély, sok esetben a mérhetőség határához van közel: az amplitúdó egyetlen egy esetben sem haladja meg a  $0^m,3$ -t, és legtöbbször csak  $0^m,002$ — $0^m,003$ -t tesz ki!

A mágneses csillagok fotometriai vizsgálata, amely jelenleg a világ több obszervatóriumában (így hazánkban is) folyik, sok érdekes eredményre vezetett. Az  $\alpha$  osztályba tartozó mágneses változócsillagok esetében a mágneses változás és a fényváltozás periódusa egymással teljesen megegyezik. A fénygörbe és a „mágneses görbe” alakja nagyon hasonlít egymáshoz, és a déli vagy északi mágneses tér erősségének szélsőértéke mindig egybeesik a fényváltozás szélsőértékével. Ez a szinte tökéletes egybeesés minden kétséget kizáróan arra utal, hogy a mágneses és a fényváltozást egy és ugyanazon jelenség hozza létre. Mind ezt még csak megerősíti az a megfigyelés is, hogy abban a (nem ritka)



10. ábra. A HD 153882 jelű csillag mágneses terének és fényességének változása.

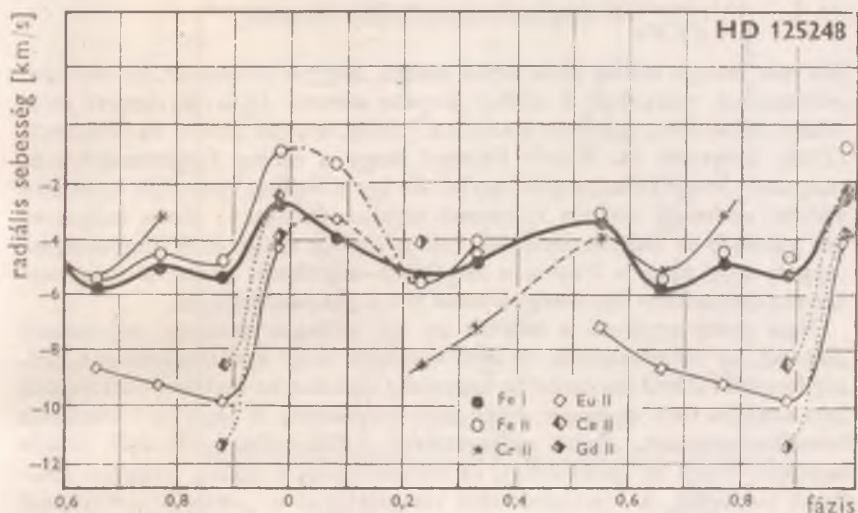


11. ábra. Az 53 Camelopardalis mágneses terének és fényességének változása. Érdekes módon itt a déli polaritású mágneses tér maximuma a fényesség minimumával esik egybe

esetben, amikor a mágneses csillag egy kettős rendszer tagja, akkor a keringési periódus is megegyezik a fény- és a mágneses változás periódusával.

Érdekes, hogy néhány csillagnál (HD 32633, HD 71866 stb.) az alapperióduson kívül még rövidebb (kb. 100 perces) periódusú fényváltozás is észlelhető, amelynek valódi okára még nem derült fény. Rakosch a csillag pulzációjára gyanakszik.

A mágneses tér és a fényesség változásán kívül gyakran megfigyelhető az egyes vonalak ekvivalens szélességeinek és radiális sebességeinek változása is (természetesen a mágneses tér változásának periódusával „szinkronban”). Különösen intenzív a ritka földfémek, a króm és a vas csoport vonalainak ekvivalens szélességében mutatkozó változás. Rendkívül érdekes, hogy általában az európium és a króm vonalai egymással



12. ábra. A HD 125248 jelű csillag különféle színképvonalainak radiális sebessége. A radiális sebességgörbék bonyolult alakja a kémiai összetétel anomális eloszlására utal a csillag felszínén

„alternálva” változnak; amikor az eurórium vonalak maximális intenzitásúak, akkor a króm vonalak a legkevésbé erősek és fordítva\*. Ugyancsak változnak az egyes színképvonalak radiális sebességei is. A HD 125248 jelű csillagnál (12. ábra) például a radiális sebesség változása mellett az egyes vonalak megkettőződése is megfigyelhető. Ez arra utal, hogy a csillag felszínén (ahonnan a színkép ered) különböző területek vannak, ahol az egyes kémiai elemek nagyobb gyakorisággal fordulnak elő.

A mágneses Ap csillagok esetében tehát komplex jelenséggel állunk szemben, amely magában foglalja a csillag mágneses terének, fényességének, az egyes kémiai elemek ekvivalens szélességének és radiális sebességének változását. A hatalmas mennyiségű észlelési anyag ma már lehetővé teszi, hogy az ismertetett jelenségeket egy közös elméletbe foglaljuk.

\* A színképvonalak erőssége és a mágneses térerősség változásának szélsőértékei közel esnek egymáshoz, de a mágneses térerősség lehet északi és déli polaritást is. Az eurórium vonalának ekvivalens szélessége azonban általában akkor maximális, amikor a csillag fényessége maximumban van.



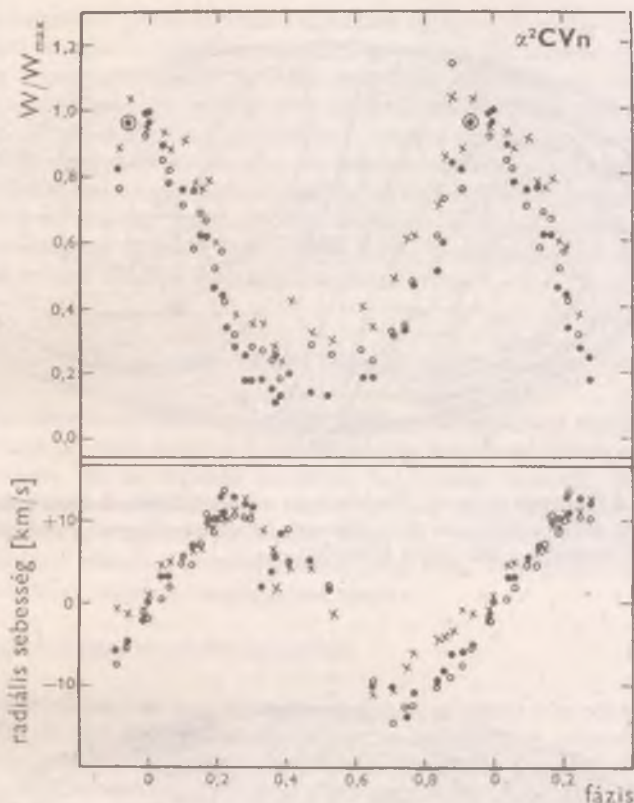
## A mágneses Ap csillagok elmélete

Ma már semmi kétség sem férhet ahhoz, hogy a mágneses Ap csillagok jellemzőinek változását a csillag forgása okozza. Ez a jól ismert ferde rotátor elképzelés, amelyet BABCOCK (1949), STIBBS (1950) és DEUTSCH (1945) dolgozott ki. Ennek lényege, hogy a csillag forgástengelye és mágneses tengelye nem esik egybe, és így a csillag rotációja folyamán változó erősségű átlagos mágneses tereket észlelünk. Ha a mágneses tér valamilyen módon hatással van a csillag felületének fényességére (éppen úgy, mint a Napon a napfoltok esetében), akkor a mágneses térrel párhuzamos fényességváltozás is tökéletesen érthető.

Nem ilyen egyszerű a helyzet az Ap csillagok színképi változásait illetően. Az természetesen itt sem kétséges, hogy a változásokat a csillag forgásával kell kapcsolatba hoznunk, azonban az észlelésekből kapott kép annyira nem egységes, hogy nem vonhatunk le „egyből” általános következtetéseket. Ezért csillagonként külön-külön próbálják közös nevezőre hozni az észleléseket, és rekonstruálni a csillag felületén uralkodó helyzetet. A legrészletesebb vizsgálatokat a „névadó”  $\alpha^2\text{CVn}$ -nél végezték, így mi is (példaképpen) ennek a csillagnak az elemzését fogjuk ismertetni.

Az  $\alpha^2\text{CVn}$  mágneses terének és fényességének változása 5,47 napos periódust mutat. Ugyanilyen periódussal változnak az egyes vonalak ekvivalens szélességei és radiális sebességei is. A 13. ábrán a ritka földfémek ekvivalens szélességének és ugyanezen elemek radiális sebességeinek változásait mutatjuk be. Ezek a megfigyelések egyértelműen arra mutatnak, hogy a csillag felületének kémiai összetétele nem állandó, vannak olyan foltok, amelyekben az átlagosnál lényegesen (esetleg milliószor) több ritka földfém található.

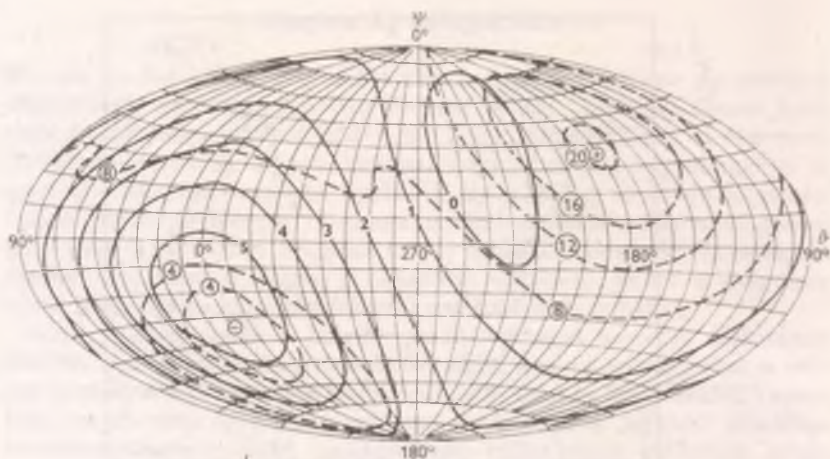
1969-ben PYPER, majd 1975-ben HOHLOVA empirikus úton dolgozott ki általános módszert arra, hogy miképpen lehet az egyes színképvonalak sajátosságainak (ekvivalens szélesség, radiális sebesség) változásaiból a csillag kémiai összetételének felületi eloszlását rekonstruálni. Az  $\alpha^2\text{CVn}$ -ra végzett vizsgálatok alapján el lehetett készíteni a ritka földfémek eloszlási térképét (14. ábra). Itt a folytonos vonalak a ritka földfémek egyenlő sűrűségi görbéit mutatják, míg a szaggatott vonalak az egyenlő mágneses tér görbéit. Feltűnő, hogy a csillag déli mágneses pólusa egybeesik a ritka földfémekben leggazdagabb területekkel. Lehetséges, hogy ez nem véletlen összeesés csupán, mert más Ap csillagok esetében is hasonló eredményeket kaptak. Az előbbiekhöz hasonló módon fel lehetett rajzolni a vascsoport elemeinek a csillag felszínén levő sűrűségi eloszlását is (15. ábra). A grafikonról azonnal szemünkbe ötlük, hogy a vasban gazdag területek négy foltban helyezkednek el, mégpedig a



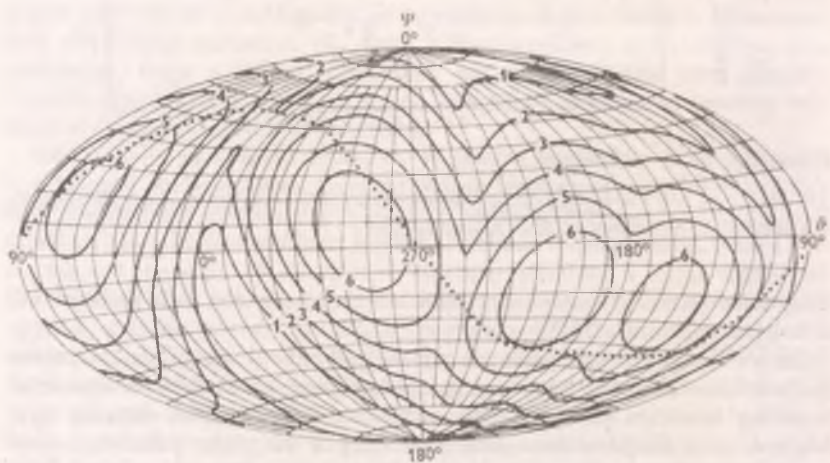
13. ábra. Az  $\alpha^2 CVn$  ritka földfém vonalai ekvivalens szélességeinek és radiális sebességeinek változása a fázis függvényében

mágneses egyenlítő környékén. Hasonló eredményeket más csillagoknál is kaptak (például a 78 Vir-nél).

Az  $\alpha^2 CVn$ -ra (és más csillagokra) végzett egyedi vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy az Ap csillagok esetében a kémiai összetétel a csillag felszínén erősen függ a mágneses térerősségtől, éspedig úgy, hogy a ritka földfémekben gazdag területek a mágneses pólusok, a vas-csoport elemeiben gazdagok pedig a mágneses egyenlítő környékén helyezkednek el. A fény, mágneses tér és a spektrum változása pedig onnan ered, hogy a csillag a forgása folyamán mindig más és más felét fordítja a megfigyelő irányába. Az emberben rögtön felmerül a kérdés, hogy a



14. ábra. A folytonos görbe  $\alpha^a CVn$  felszínén a ritka földfémek eloszlását jellemzi. A szaggatott görbe a mágneses térre jellemző. Ennél a csillagnál a ritka földfémek legnagyobb sűrűsége a déli pólus közelében van



15. ábra. A pontozott görbe a mágneses egyenlítő. A folytonos görbe a vascsoport elemeinek az eloszlását mutatja az  $\alpha^a CVn$  felszínén. Látható, hogy a vasban gazdag területek a mágneses egyenlítő mentén négy foltban helyezkednek el



kémiai összetétel ilyen anomális eloszlása egyáltalán reális-e? A kémiai összetétel meghatározásához viszonylag pontos fotoszféramodellre van szükség, amelyet esetleg az erős mágneses tér annyira módosíthat, hogy a kémiai analízis teljesen torz eredményeket adhat. Ez természetesen igaz, de azt is meg kell jegyeznünk, hogy a színképi változások olyan intenzívek, hogy azok az eljárás jelentős hibája esetén is anomális kémiai összetétel eloszlásra utalnak. Így a témakörrel foglalkozó kutatók egyetértenek abban, hogy az Ap csillagok felületén észlelt anomális kémiai összetétel eloszlás nem mérési hiba, hanem objektív tény, amelyet valamilyen módon meg kell magyaráznunk.

### Az anomális kémiai eloszlás magyarázata

A kémiai elemek eloszlásának előbb említett anomalitása annyira váratlan és meglepő volt, hogy a kutatók jóideig értetlenül álltak a jelenséggel szemben. Ez az időszak azonban hamarosan lezárult, és ma már több szimpatikus elméletünk is van a jelenség magyarázatára. Azonban már előljáróban meg kell jegyezzük, hogy az „Ap jelenség” magyarázatára készített elméleti interpretációk még nem véglegesek, és messze nem tisztáznak minden megfigyelési tény.

#### *A csillagközi anyag anomális összetételű*

A legelső értelmezések szerint már a csillagközi anyag nem azonos kémiai összetételű, és így keletkezése folyamán a csillagban a más-más összetételű felhők más-más helyre kerültek, megőrizve a presztelláris állapot anomális kémiai összetételét. Ha a csillagban nincs jelentős összekeveredési folyamat, akkor — mint ahogy azt pl. DOLGINOV is kimutatta — az anomális kémiai összetétel hosszabb ideig fennmaradhat. A baj azonban ott van, hogy ekkor nemcsak az Ap típusú csillagoknál kellene anomális kémiai összetétel eloszlást észlelnünk, hanem más hasonló típusú csillagoknál is. A csillagközi térben nem észlelünk anomális kémiai eloszlást, de a csillagfejlődési elméletek sem egyeztetethetők össze a kémiai összetétel eloszlás eredendő anomáliájával, mert a csillag a gravitációs kontrakció szakaszában már teljesen összekeveredik, és így jut el a főágra.

#### *A nukleáris elképzések*

szerint a ritka földfémeket és a vascsoport elemeit gyors neutron-folyamatok dúsíthatják fel a csillag belsejében. Az így keletkezett anomális elemeloszlást azután valamilyen összekeverési folyamat a csillag fel-



színére szállíthatja, ahol hosszabb ideig is megmaradhat. Az is lehetséges, hogy a csillag valamikor kettős volt, majd a másik komponens szupernóvává lett, és a magreakciók útján bizonyos elemekben feldúsult belső rész csapódhatott rá a megmaradt csillag felszínére, ahol az anomális kémiai eloszlás hosszú ideig fennmaradhatott.

A nukleáris hipotézis ellen szól az Ap csillagokban észlelt magas  $\text{He}^3/\text{He}^4$  arány, hiszen a magreakciókhoz szükséges hőmérsékleti és nyomási viszonyok mellett a  $\text{He}^3$ -nak nemhogy feldúsulnia, hanem éppen ellenkezőleg, csökkennie kellene. A nukleáris elképzelés hiányossága még, hogy bár az anomális kémiai összetétel eloszlást esetleg megmagyarázza, az erős mágneses tér jelenlétét azonban sem a csillagban lezajló nukleáris folyamatokkal, sem a szupernóvarobbanással nem tudja kapcsolatba hozni. A témakörrel foglalkozó kutatók jelenleg az „Ap jelenség” magyarázatára a nukleáris hipotézist általában túlhaladottnak tartják.

### *A diffúziós elmélet*

GREENSTEIN (1967) és MICHARD (1970) kidolgozta az Ap jelenség *diffúziós elméletét*. Ahhoz, hogy a diffúziós folyamat egyáltalán szóba jölessen, fel kell tételezzük, hogy a csillag légköre teljesen nyugodt; nem keveri össze sem turbulencia, sem konvektív áramlás. A csillag konvektív zónájának vékonynak kell lennie és nem szabad „belelógnia” a fotoszférába. A csillag atomszférájának nyugodtságát elősegíti a mágneses tér, hiszen — mint ahogyan a Napnál meg is figyelhető — az erős mágneses tér mindenféle rendszertelen mozgást leállít a magnetohidrodinamikai befagyás tétele miatt. Ha a mágneses tér energiasűrűsége igen nagy (ami teljesül az Ap csillagok esetében), akkor elképzelhető, hogy az atomok turbulens mozgásának sebessége a diffúziós folyamatok effektivitásához szükséges  $1 \text{ cm/s}$  alá csökken. Ennél nagyobb turbulens sebesség esetén a diffúzió nem lehet hatásos.

A diffúziós elmélet lényege a következő: A különféle atomok és ionok különféle frekvenciákon és különböző valószínűséggel nyelnek el fotonokat. A fotoszférában a fotonok a csillag belseje felől kifelé áramlanak. Minden egyes abszorpció alkalmával az atom, illetve az ion egy-egy kifelé irányuló impulzust kap. Az egyes atomok (ionok) így másodpercenként más mennyiségű kifelé irányuló impulzust kapnak, és tömegüktől függően más-más kifelé irányuló sebességre tesznek szert. Minden egyes atomra (ionra) ki lehet számítani a kifelé irányuló mozgás átlagos sebességét (természetesen a szabad úthossz megtételéhez szükséges idő alatt). A részletes számítások (MICHARD, 1970) azt mutatják, hogy különlegesen nyugodt atmoszférában a különböző kémiai elemek egymástól elkülönülhetnek, és az abszorpciónak fokozott mértékben kitett

atomok feldúsulhatnak a csillag felszínén. Így kvalitatíve meg lehet magyarázni a ritka földfémek és a vascsoport elemeinek feldúsulását a csillag felszínéhez közeli tartományokban. Ugyancsak megmagyarázható a héliumatomok viszonylagos hiánya a csillag légkörében. A számolások szerint a szilíciumatomoknak is az átlagosnál kisebb mennyiségben kellene a légkörben lenniök, ami nem egyezik a megfigyelésekkel, hiszen az Ap csillagok szilíciumban túlpopuláltságot mutatnak. Ez a diffúziós elmélet legkomolyabb ellentmondása.

A diffúziós elmélettel meg lehet magyarázni az Ap csillagok globális kémiai eloszlás anomáliáját. De mi a helyzet az Ap csillagok felszínén észlelhető anomális kémiai összetételű foltokkal? Ott, ahol erős a mágneses tér, a turbulens mozgások teljesen leállnak, míg ahol gyengébb, ott elképzelhető gyenge turbulencia, amely elronthatja a diffúzió hatékonyságát. Az anomális kémiai összetételű foltoknak tehát ott kellene megjelenniök, ahol erősebb a mágneses térerősség. A megfigyelési technika mai szintjén még nem tudjuk eldönteni, hogy a diffúziós elmélet előbb említett következménye összhangban van-e valósággal vagy sem.

Az anomális kémiai eloszlás beállításának karakterisztikus ideje viszonylag rövid, mindössze  $10^4$  év. Az Ap csillagok ugyan mind fiatal objektumok, ez az időtartam azonban elég rövid ahhoz, hogy az anomális kémiai eloszlás bekövetkezhessek.

A diffúziós hipotézis esetleges továbbfejlesztése a jövőben magyarázatot adhat az Ap jelenségre, de mai állapotában semmiképpen sem mondható minden igényt kielégítőnek. Mindenesetre elhamarkodottnak tartom ALDEMAN (1973) véleményét, miszerint a diffúziós elképzelést teljes egészében el kell vetnünk.

### *A mágneses dúsulás elmélete*

Az utóbbi években egyre-másra jelentek meg olyan közlemények, amelyek az „Ap jelenséget” a mágneses dúsulás elméletével próbálták megmagyarázni. A HAVNES-től és CONTI-től (1971) származó hipotézis lényege, hogy a csillag a környező csillagközi anyagból szelektív módon fog be ionokat. Egyeseket nagyobb, másokat kisebb valószínűséggel. A csillagközi anyagban mozgó csillag környezetében a gáz atomjai áramolnak. Az atomok mozgását — amíg nem kerül túlságosan közel a csillaghoz — a kéttest-probléma alapján égi mechanikai úton számíthatjuk ki. Az atomok pályája nyilván hiperbola. Abban az esetben, ha az atom „túl közel” kerül a csillaghoz, a csillag sugárzása ionizálja, s ettől kezdve a mechanikai jellegű hatásokon kívül az elektromos és mágneses erőket is figyelembe kell venni. Az ion most már a csillag magnetoszférájában a mágneses erővonalak mentén spirális pályán

kezd mozogni. Ugyanolyan ionizációs fok mellett a nehezebb ionok nagyobb sugarú (Larmor rádiuszú) pályán mozognak, és így nagyobb valószínűséggel ütköznek bele a csillagba. Az ionizációs potenciálok és a tömeg figyelembevételével minden egyes atomra ki lehet számítani a befogás valószínűségét. Havnes részletes analizisének eredménye jó egyezést mutat a megfigyelésekkel: a hélium, oxigén, nitrogén és neon befogási valószínűsége elhanyagolhatóan kicsiny, míg az átlagosnál százszor nagyobb valószínűséggel fogódnak be a vascsoport elemei, a magnézium és a szilícium. Nem ilyen mérvű, de szintén felesleg adódik a ritka fémfémekre, stronciumra, ozmiumra, platinára és a higanyra.

Mivel a többszörös ionizáció után az elemek a mágneses erővonalak mentén spirális pályán haladva jutnak el a csillag felszínére, a mágneses dúsulási mechanizmussal megmagyarázható a kémiai összetétel eloszlásában mutatkozó anomália is, hiszen ahol a mágneses tér „nyitott” (például a pólusok környékén), a befogás sokkal valószínűbb, mint másutt. (Hasonló okok miatt a földi sarki fény is csak a mágneses pólusok közelében figyelhető meg.)

A mágneses dúsulási elméletnek is vannak támadható pontjai. Az egyik az, hogy a csillag az interstelláris térben haladva — éppen erős mágneses tere miatt — egy hullámot visz maga körül (hasonlóan a hajók orrhullámához), amely mintegy eltéríti a csillagközi anyag részecskéit a csillag útjából. Ugyancsak elgondolkoztató, hogy az anomális kémiai eloszlás beállításának karakterisztikus ideje olyan nagy, ami semmiképpen sem egyeztethető össze az Ap csillagok egyébként fiatal korával.

Az előbb említett hiányosságok ellenére ma a mágneses dúsulási elképzelés látszik az „Ap jelenség” legjobb magyarázatának.

Az utóbbi években több cikk is megjelent, amelyben a dúsulási elképzelést a csillagközi poranyag vizsgálatával is kiegészítették. Ez teljesen logikusnak tűnik, ha meggondoljuk, hogy a Földre hulló meteorok jelentős hányada vasmeteorit, azaz ferromágneses anyag. Bár a naprendszerbeli meteorok között gyakorlatilag nincsen interstelláris eredetű, mégis lehetséges, hogy a csillagközi poranyag egy része ferro- vagy paramágneses tulajdonságú. Az ilyen részecskék mozgására az erős mágneses terű csillag feltétlenül hatással kell legyen. Nem lehetetlen, hogy a csillag a mágneses tulajdonságú részecskéket úgy gyűjti maga köré, mint egy rúd-mágnes a vasreszeléket. Az első ilyen jellegű elméleti próbálkozások legalábbis nem mondanak ellent a megfigyeléseknek.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az „Ap jelenségre” adott magyarázatok rendkívül figyelemre méltók, és potenciálisan magukban hordozhatják a furcsa jelenség magyarázatát, de semmiképpen sem mondhatók kielégítőeknek és véglegeseknek.

Hogy mi lesz a helyes magyarázat? Erre a szerző éppen olyan kíváncsi, mint a kedves Olvasó . . .



## KÉT CENTENÁRIUM

Korunk technikája kialakulásában különösen fontos szerepe volt a *sugárhajtóművek*, nemkülönben a *modern rakéták* megjelenésének és rendkívül gyors fejlődésének. Száz esztendővel ezelőtt született két magyar tudósra: KÁRMÁN TÓDOR-ra és FONÓ ALBERT-re emlékezünk, akiknek munkásságában e korszerű hajtóművek létrehozása központi helyet foglal el.

Világhírré Kármán tett szert, igen széleskörű alkotó munkája és tudományszervező tevékenysége révén. Számottevő mértékben járult hozzá, hogy az áramlástan empirikus tudományból minden vonásában egzakt tudománnyá vált. Megalkotta a határfelület elméletét, kidolgozta a repülő testek felületei kialakításának és méretezésének módszereit. Fontos eredményeket ért el a szilárdságtan, a képlékeny alakítás, a kristályrács-szerkezet vizsgálata, a magnetohidrodinamika és az aerotermokémia területén. Kármán és munkatársai nevéhez fűződik az első amerikai nagyrakéták kifejlesztése.

Fonó mindenekelőtt az ipari energetikával foglalkozott; ezen a gazdaságilag kiemelkedő fontosságú területen végzett munkássága a nevét nemzetközileg ismertté tette. Technikatörténeti jelentőségű sugárhajtómű találmányai előremutatóak voltak, mégis feltalálásuk idején nem válhattak valóra. Később ezeket a hajtóműveket mások hozták létre, de Fonó terveinek prioritása ma már vitathatatlan.

### Kármán Tódor

#### *Ifjúkor*

Kármán Tódor Budapesten, 1881. május 11-én született. Apja KÁRMÁN MÓR európai hírű, kiváló pedagógus és művelődéspolitikus volt, akinek alkotásai közé tartozik a budapesti gyakorló főgimnázium — az ún. mintagimnázium —, valamint a középiskolai tanárképző intézet. Kor-





*Kármán Tódor*

társai Praeceptor Hungariae-nek (Magyarország tanítómesterének) nevezték.

A család intellektuális légkörében szabadon bontakozhatott ki a gyermekek tehetsége. A legidősebb fiút, Elemért a humán tudományok érdekelték; később a kriminálpedagógia kiemelkedő hazai úttörőjeként szerzett nevet magának. Tódor matematikai hajlamait már hatéves korában felismerték. Remekül számolt; játszva tudott fejben öt- és hatjegyű számokat összeszorozni. Az elemi iskolát magánúton végezte, majd a mintagimnázium növendéke lett, s itt érettségizett. Első nyilvános sikerét ekkor, 1898-ban érte el: megnyerte az Eötvös LORÁND alapította matematikai tanulmányversenyt.

A budapesti József-Műegyetem gépészmérnöki karán tanult tovább, s itt 1902 őszén kapott oklevelet. Még végszigorlata előtt elnyerte a Horváth-féle mechanikai pályadíjat. (Tudományos dolgozatainak 1956-ban megjelent négykötetes gyűjteménye élén a műegyetemi pályamunka áll.)

Az oklevél megszerzése után egy évig katonai szolgálatot teljesített, s letette a tartalékos tüzértiszti vizsgát. Leszerelve a hadseregből a műegyetem nagy hírvű professzora, BÁNKI DÓNÁT tanszékére került tanársegédnek, egyszersmind a Ganz-vagongyárban mérnöki állást vállalt. Ez idő tájt kezdett foglalkozni a szilárdságtan egyik fontos kérdésével, a rövid nyomott rudak kihajlásával.

### *A göttingai évek*

1906 őszén nagy fordulat állt be Kármán életében: a Magyar Tudományos Akadémia ösztöndíjával Németországba, a göttingai egyetemre került. Itt eredetileg két évig szándékozott dolgozni a modern áramlástan megalapítójának, LUDWIG PRANDTL professzornak az oldalán. Végül is hat esztendeig maradt a Prandtl-intézetben, közben rövidebb időt Berlinben (a charlottenburgi műegyetemen) és Párizsban töltött. Párizsi tartózkodása során, 1908-ban szemtanúja volt annak, hogy FARMAN pilóta 2 km-es (!) távrepülésével csúcseredményt ért el.

Tudományos szemléletének kialakulására döntő mértékben hatottak a göttingai egyetem nagy professzorai: DAVID HILBERT és FELIX KLEIN. Kármán Göttingában alkotta meg *kihajlási elméletét*, amelyet doktori értekezésében fejtett ki. Huszonnyolc éves korában a hírneves egyetem magántanára lett.

További kutatásai során 1911-ben a *szilárd testek képlékeny folyásának* az elméletét alapozta meg. Ugyanebben az évben fejtette ki az áramlásba helyezett testek mögött fellépő *örvénysor-elméletét*. (A jelenséget a tudomány Kármán-féle örvénysornak nevezi.) Értizedekkel később, amikor az Egyesült Államokban egy szélvihar a Tacoma-függőhidat ledöntötte,

Kármán az örvénysor-elmélet alkalmazásával mutatta ki a híd tervezésekor elkövetett hibát.

1912-ben elhagyta Göttingát, mivel a selmecbányai Bányászati Akadémia tanárává nevezték ki. A nagymúltú főiskola szűkös keretei között akkoriban nem volt lehetőség a komolyabb tudományos munkára, ezért Kármán alig fél esztendő elteltével innen az aacheni műegyetemre távozott, amelynek tanszékvezető professzora lett.

### *A világháborúban és a forradalmakban*

Aacheni működését félbeszakította az első világháború. A mozgósításkor főhadnagyként katonai szolgálatra hívták be. Nagyothallása miatt hátországi beosztást kapott: a csepeli ruharaktárba került. Egy teljes évig tartott, amíg a hadügyminisztérium felismerte a fonák helyzetet, és a Bécs melletti Fischamendbe, a repülőárzenálba vezényelte át. Fischamendben Kármán javaslatára aerodinamikai laboratóriumot rendeztek be, és a kísérletekhez tervei szerint szélcsatornát építettek. E helyütt szerkesztette meg (a megfigyelő léggömbök helyettesítésére) a világ első katonai forgószárnyas repülőeszközét: a *PKZ-típusú kötött helikoptert*. A fejlesztésben Kármán mellett PETRÓCZY ISTVÁN alezredes, az arzenál parancsnoka, valamint ZUROVETZ VILMOS és ASBÓTH OSZKÁR működött közre. Fischamendben oldotta meg Kármán azt a kérdést is, hogyan lehet a repülőgépek légsavarkörén át végzett tüzelés Fokker-féle módszerét az osztrák—magyar hadsereg géppuskáira alkalmazni.

Az őszirózsás forradalom idején Budapestre tért vissza, és a Közoktatásügyi Minisztériumban a *felsőoktatási reform* munkálatait irányította. Ezt a munkakörét a Tanácsköztársaság alatt a Közoktatásügyi Népbiztosságon is betöltötte. 1919. februártól a József-Műegyetem meghívott előadójaként a gépészmérnök hallgatók részére aerodinamikát adott elő. Ugyanebben az időben élénk munkát fejtett ki a Magyar Aero Szövetségben, és vezetője volt a szövetség műszaki bizottságának.

A Tanácsköztársaság bukása után tartania kellett attól, hogy népbiztossági vezető funkciója miatt üldözni fogják. Eleinte pilóta ismerőseinél, világháborús bajtársainál rejtőzött el, majd barátja, Posztóczy KÁROLY birtokán, a Komárom megyei Környe mellett talált menedéket. (Említésre méltó, hogy Posztóczy neves amatőrcsillagász volt. Erdőtagyosi obszervatóriuma volt 1919 és 1925 között Magyarország egyetlen folyamatosan működő csillagvizsgálója.)



Kármánnak végül is sikerült az aacheni műegyetemmel felvenni a kapcsolatot, majd 1919 végén ismét elfoglalhatta tanszékét. Aachenben 1930-ig működött. Az általa szervezett és irányított aerodinamikai intézet néhány esztendő leforgása alatt a világ egyik legjobban ismert, nagy szakmai tekintélyű repüléstudományi kutató központjává fejlődött. Kármán itteni tudományos munkássága szerfölött termékeny volt; az aacheni intézetben dolgozta ki egyebek között az áramlástan nagy fontosságú fejezetét: *a turbulencia hasonlósági elméletét*.

Hallgatóit magukkal ragadták előadásai, amelyek az új, tudományos technikai szemléletet fejezték ki. Az áramlástan oktatását szigorúan egzakt tudományos alapokra helyezte, törekedve az egyes kérdések lehető legvilágosabb megfogalmazására, egyszerű matematikai kifejezésére.

Igen sokat tett azért, hogy mielőbb helyreálljanak az első világháború idején megszakadt nemzetközi tudományos kapcsolatok. 1922-ben az ő kezdeményezésére jött létre Innsbruckban a nemzetközi áramlástani tudományos találkozó, majd két évvel később Delftben az első nemzetközi alkalmazott mechanikai konferencia. Ez utóbbi tudományos összejövetelen ismerkedett meg ROBERT MILLIKAN Nobel-díjas fizikussal, a Californian Institute of Technology (a pasadenai műszaki egyetem) igazgatójával.

### *Három évtized Amerikában*

Millikan meghívására 1926-ban járt először Amerikában, s tartott előadást Pasadenában. DANIEL GUGGENHEIM amerikai nagytőkés (a „réz király”) több millió dolláros alapítványából a következő években megszervezte a pasadenai egyetem aerodinamikai kutató laboratóriumát. 1930-ig munkásságát megosztotta Aachen és Pasadena között; ezután végleg elhagyta Németországot, és az Egyesült Államokba költözött. Formálisan még három esztendeig az aacheni intézet vezetője maradt; erről az állásáról a hitleri hatalomátvétel után mondott le.

A Guggenheim-laboratóriumban Kármán munkatársaival az aerodinamika — elsősorban a *hangfeletti sebességű repülés* — több alapvető kérdését oldotta meg. A laboratórium azonban nemcsak a repülés, de az *asztronautika* tudományának is kivételes jelentőségű bázisává lett.

1936-ban egyik hallgatója, a kitűnő tehetségű FRANK J. MALINA azzal a javaslatlal fordult Kármánhoz, hogy támogassa őt és két társát *rakétakisérletekben*. Kármánnak megtetszett a fiatal kutatók elképzelése, s a kis csoport élére állt. A csoport rövidesen újabb tagokkal bővült, és néhány év alatt igen jelentős eredményeket ért el. Kezdetben magaslégkör-kutatórakétákat akartak építeni, de eredményeik csak-



hamar felkeltették a légierő érdeklődését, és repülőgépek startrakétáinak a kidolgozására kaptak megbízást. Sikereket értek el a *rakétahajtóanyagok fejlesztésében* is.

Amerikában ekkor már évtizedek óta foglalkozott rakétakísérletekkel az első folyékony hajtóanyagú rakéta megépítője: ROBERT H. GODDARD, a worcesteri Clark-egyetem professzora. Goddard kísérleteit ugyancsak a Guggenheim-alapítvány finanszírozta, s így a két kutatócsoport együttműködése ésszerű lett volna. Goddard ettől a gondolattól elzárkózott. Kármán elmondta, hogy amikor egyszer Goddardnál járt, csak arra kapott engedélyt, hogy az indítótornyot messziről, távesővön át szemlélhesse.

A pasadenai kutatócsoport által kifejlesztett rakéták gyártására 1942-ben megalakult Kármán elnökletével az *Aerojet vállalat*, mely a háború után az amerikai rakétaipar egyik fellelvára lett, s jelenleg több tízezer alkalmazottat foglalkoztat. A kutatócsoport 1944-ben *Jet Propulsion Laboratory* (sugárhajtás-laboratórium) néven önálló intézetté vált. A JPL-ben Kármán vezetése alatt a negyvenes években több akkori nagyrakétát fejlesztettek ki, közülük a *Corporal* volt 1954-ben az amerikai szárazföldi hadsereg első irányított ballisztikus lövedéke. Még Kármán életében a JPL lett az amerikai asztronautika egyik központi intézménye. 1958 óta a JPL munkáját az amerikai űrhatóság: a NASA keretei között végzi; eredményei a Hold és a bolygók kutatására indított amerikai űrszondák programjaiból jól ismertek.

### *Az utolsó évek*

A második világháború idején az akkor már hatvan felett járó tudós jelentős részt vállalt az amerikai légierő tudományos tanácsadó bizottságának a munkájában. 1951-től a NATO repülésügyi kutató és fejlesztő intézményének volt az elnöke.

Megalapítója és első igazgatója volt a *Nemzetközi Asztronautikai Akadémiának*. Huszonkilenc egyetem és főiskola avatta tiszteletbeli doktorává, közöttük 1962-ben a Budapesti Műszaki Egyetem, amelynek elődén, a József-Műegyetemen kezdődött meg tudományos pályafutása. Több akadémia választotta tagjává, röviddel halála előtt pedig JOHN F. KENNEDY elnök kezéből vette át a legnagyobb amerikai tudományos kitüntetést: a nemzeti tudományos érmet. (Ebben a kitüntetésben ő részesült először.)

Régi németországi barátait látogatta meg, amikor 1963. május 7-én, négy nappal 82. születésnapja előtt Aachenben elhunyt. Hamvai Pasadenában nyugszanak. A Hold túlsó oldalán, valamint a Marson kráter őrzi nevét. Emlékére Budapesten, a Közlekedési Múzeum előtt állították fel mellsobrát.

*Életrajzi vázlat*

Fonó Albert alig két hónappal volt fiatalabb Kármán Tódornál: 1881. július 2-án született Budapesten. Iskoláit is itt végezte, 1891 és 1899 között az evangélikus főgimnáziumban tanult. Nagynevű matematika-tanára, RÁTZ LÁSZLÓ felfigyelt a fiatal diák képességeire. Azt tanácsolta, hogy Fonó műszaki vagy természettudományi pályát válasszon. (Két évtizeddel később ugyancsak Rátz ismerte fel WIGNER JENŐ és NEUMANN JÁNOS kivételes tehetségét is.)

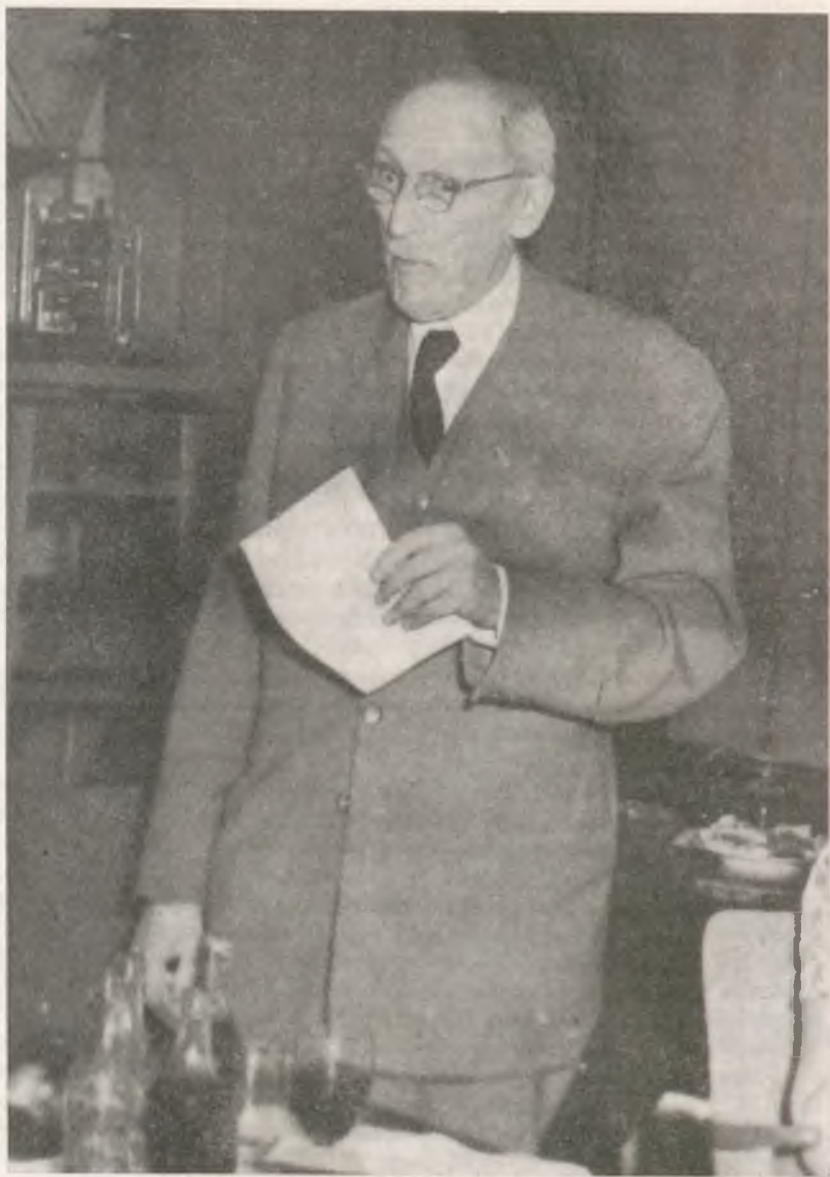
A József-Műegyetemnek 1899-től kezdve volt hallgatója; itteni tanulmányait 1903-ban fejezte be. Az egyetemi években kezdődött egy életre szóló barátsága Kármánnal. A gépészmérnöki diploma megszerzése után előbb rövid ideig budapesti gyárakban folytatott gyakorlatot, majd Bánki professzor ösztönzésére külföldi tanulmányútra indult. Négy esztendeig volt távol, ez idő alatt jóformán egész Nyugat-Európát bejárta: német, belga, svájci, francia és nagy-britanniai gyárakban dolgozott.

Hazatérve külföldről, 1907-ben az „Automobilok hajtásáról” c. tanulmányával elnyerte a Magyar Mérnök és Építész Egylet Hollán-pályadíját. A következő évben dolgozta ki a „Mechanikai munkatárolás villamos hajtásnál” c. értekezését, amely egyszersmind az 1909-ben letett műszaki doktori vizsga disszertációja volt.

1909-től tanácsadó és tervező mérnöki gyakorlatot folytatott. Számos hazai ipartelep energetikai berendezésének a tervét ő dolgozta ki. Egyik kezdeményezője és alapító tagja volt a Tanácsadó Mérnökök Nemzetközi Szövetségének.

Rendkívül termékeny, igen sokoldalú feltaláló volt; húsz témában összesen negyvenhat szabadalmat dolgozott ki. A sugárhajtás területén kifejtett úttörő munkásságára a továbbiakban visszatérünk. Az energia-gazdálkodás körébe vág az 1923-ban bejelentett *gőzkazán szabadalma*, ugyszintén az 1928-ban kidolgozott *bányászati légszűrítő berendezés* konstrukciója. Szállítógépek és vasúti járművek automatikus fék- és menetszabályozó szabadalmát 1924-ben a világhírű német Siemens-cég vásárolta meg. 1926-ban az elsők között dolgozott ki egy *szárnyas hajót*, melynek kísérleteibe Kármán Tódor is bekapcsolódott.

Kiemelkedő munkásságát idehaza a Horthy-rendszer évtizedeiben nem ismerték el kellőképpen. Az ország német megszállását követően Fonó és családja az üldözöttek sorába került. A felszabadulás után 1947-ben a budapesti műegyetem magántanára, 1954-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja lett. 1956-ban a Kossuth-díj I. fokozatával tüntették ki.



*Fonó Albert*



Közel volt már nyolcvanadik életéhez, amikor a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének 1959-ben alakult *Központi Asztronautikai Szakosztálya* elnökévé választotta. Ezt a funkcióját egy pillanattig sem tekintette tiszteletbeli megbízásnak; a szakosztály életében nagy aktivitással vett részt. 1968-tól a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia tagja volt.

Ügyszólván hét évtizedig tartó szakadatlan alkotó munkásság után 1972. november 21-én hunyt el Budapesten.

Az MTESZ díjat alapított Fonó Albert emlékére, mellyel az asztronautika területén elért tudományos eredményeket ismerik el.

### *A légi torpedó*

Fonó első olyan találmánya, mely a *sugárhajtás elvét* alkalmazza, az első világháború kezdeti szakaszából, 1915-ből származik. Ezzel a légi torpedónak nevezett eszközzel a tábori tüzérségi lövedékek lőtávolságát akarta megnövelni. Ismeretes, hogy a hagyományos lövegeknél ezt a lövedék kezdősebességének a fokozásával érik el. Ennek a módszernek korlátai vannak, éspedig mindenekelőtt azért, mert a sebességnek legalább a négyzetével növekszik a lövedékre ható légellenállás. A feltaláló gondolatmenetének bemutatására hadd idézzünk a találmány leírásából:

„... A lőtávolság növelését nyilvánvalóan az a körülmény nehezíti, hogy a lövedék továbbbítéséhez szükséges munka a lövedékben mozgási energia formájában van felhalmozva. Ha lehetséges volna ezt a munkát másképpen tárolni és az ellenállások legyőzésére felhasználni, akkor ily módon a lőtávolságot előreláthatóan számottevő mértékben lehetne megnövelni.

... A találmány lényege, hogy a lövedék a mozgási energia helyett vegyi energiát tárol a magával vitt tüzelőanyagban. Útközben a tüzelőanyagot a szembeáramló levegővel elégetik; a keletkező hő munkává alakulva át, legyőzi a légellenállást. Ezáltal nemcsak az ellenállás győzhető le, hanem a repülő lövedék felgyorsulhat is... Lehetővé válik, hogy viszonylag kis kezdősebességgel nagy lőtávolság, továbbá a találati pontban nagy becsapódási energia legyen elérhető.” A feltaláló a tüzérségi lövedék hajtására olyan szerkezetet javasolt, mely a *torlósugárhajtómű* valamennyi jellemzőjét tartalmazta. A műszaki leírás szerint:

„a szerkezet úgy működik, hogy a tüzelőanyag elégetésekor keletkező hő növeli a szembeáramló levegő hőmérsékletét, és ezzel növeli a levegő térfogatát. A keresztmetszetek megfelelő megválasztásával a levegő kilépési sebessége nagyobb a belépési sebességnél. A sebességek különbsége biztosítja a hajtóerőt.”

Fonó javaslatát az osztrák—magyar hadvezetőséghez nyújtotta be.



A hadvezetőség a javaslatot hamarosan elutasította azzal az indokolással, hogy „megvalósításától semmilyen gyakorlati eredmény nem várható, ezért nem vehető figyelembe.” A javaslat gyors elutasításából arra lehet következtetni, hogy az illetékes katonai szakemberek nem foglalkoztak vele kellő alapossggal. A döntésben bizonyára az is közrejátszott, hogy az idő tájt a hadvezetőség nem számított arra, hogy a háború még közel négy esztendeig elhúzódik, s nem mert vállalkozni egy új típusú fegyver mindenképp hosszadalmas kifejlesztésére.

A légszívó sugárhajtóművek megalkotására vonatkozó első elképzelések nagyjából a motoros repülőgépekkel egyidősek. RENÉ LORIN francia mérnök 1907-től kezdve több ilyen sugárhajtómű tervét dolgozta ki, 1913-ban pedig kifejtette a torlósugárhajtómű elvét is. Lorin azonban nem ismerte fel, hogy ez utóbbi csupán a hangfeletti sebességeken üzemelhet. Ez a felismerés Fonó érdeme, aki egyszersmind kijelölte az egyetlen területet, ahol 1915-ben a szuperszonikus sebességek előfordultak: a lövedékek hajtását.

Mindenképpen Fonó volt az első, aki a légszívó sugárhajtóműnek a lövedékekkel való egyesítését felvetette, s így koncepciója a mai sugárhajtású lövedékek első elképzelésének tekinthető. Tudománytörténeti érdekesség, hogy az ilyen típusú hajtóművekre a Fonó-féle találmány hívta fel Kármán Tódor figyelmét.

### *A légsugármotor*

Sok évvel az első világháború után kezdett Fonó ismét foglalkozni a sugárhajtással. 1928-ban kidolgozta a nagy magasságban haladó szuperszonikus repülőgép számára alkalmas hajtóművet, amelyet légsugármotornak nevezett el. Erre a találmányra német szabadalmat kért. A szabadalmi leírásban rámutatott arra, hogy a sebesség számottevő növelése csak oly módon érhető el, ha a gép nagy magasságban repül, ahol a légellenállás kisebb. A nagyobb sebességű repüléshez a hagyományos légsaváros hajtás alkalmazása aerodinamikailag kedvezőtlen, sőt ráadásul a légsavár megnövekedett igénybevétele miatt is alkalmatlan. Ez a feladat egyes-egyedül a sugárhajtás bevezetésével oldható meg.

Kiemelte, hogy a más tervezők által addig javasolt légszívó sugárhajtóművek alkalmatlanok a hangfeletti sebességű repülés céljára. Ilyenformán a szabadalmi bejelentés igénypontjaiban egy olyan torlósugárhajtóművet írt le, amelynek jellemzője, hogy a beömlőnyílás után beépített kompressziós fúvócső keresztmetszete az áramlás irányában eleinte csökken. A szabadalmi bejelentésben Fonó a sugárhajtómű három változatát írta le. Ezek közül kettő valódi torlósugárhajtómű, egy hajtóművet pedig szélkerék hajtotta kompresszor egészít ki. Az alaptalálmányt kiegészítő pótszabadalmi bejelentésben Fonó egy olyan

Abb. 1

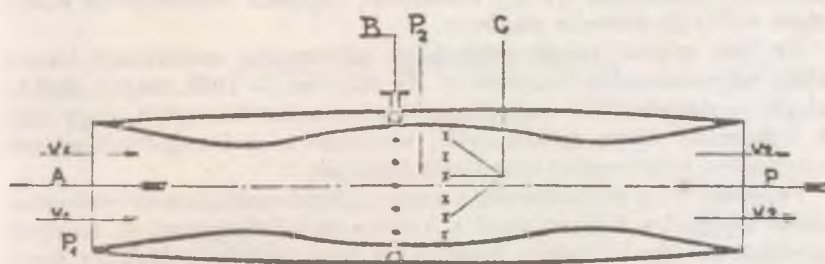


Abb. 2

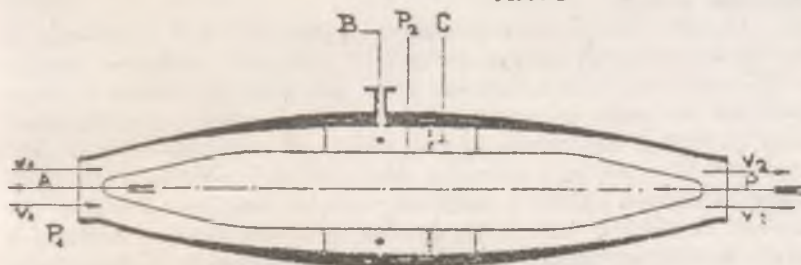
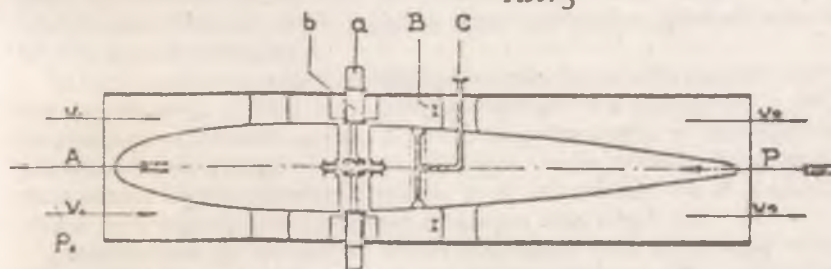


Abb. 3



Eredeti rajzok Fonó Albert szabadalmi bejelentéséből

rendszert definiált, amelyben az utóbb említett kompresszort önálló erőforrás működteti. Az így kialakított hajtómű szubszonikus sebességen való működésre is alkalmas.

Az igen szigorú német szabadalmi elővizsgálat szokatlanul hosszú ideig, négy esztendeig húzódott el. Az 1932-ben — 1928. májusi elsőbbséggel — megadott két szabadalom egyértelműen bizonyítja, hogy ezek a legkorábbi olyan találmányok, amelyek a mai sugárhajtóművek minden lényeges vonását magukban foglalják.

Fonó egy ideig próbálkozott a sugárhajtómű szabadalmak értékesítésével. Tárgyalt a Fokker, majd a Junkers repülőgépgyárakkal, amelyek azonban az igen költséges kísérleteket nem vállalták. Néhány évvel később a szabadalmak fenntartásának számottevő költségei miatt lemondott róluk, s így a repülőgép-sugárhajtómű kifejlesztése más konstruktőrökre maradt.

## STELLÁRIS HÁROMSZÖGELES

### Geodéziai helymeghatározás

A geodézia a Föld felületének meghatározásával és ábrázolásával foglalkozó tudomány. Feladata lényegében kettős: egyrészt a Föld alakjának és méreteinek meghatározása, másrészt a Föld felületén található természetes és mesterséges alakzatok geometriai adatainak megállapítása, és ezek alapján az alakzatok térképi ábrázolása. A Föld alakjának meghatározásakor a Föld idealizált felületére gondolunk. Képzeljünk el egy felületet, amelynek minden pontjában a felületi normális egybeesik a ponthoz tartozó nehézségi erő irányával. Ezt a felületet nevezzük *szintfelületnek*. A szintfelületek alakjában is visszatükröződnek a *topográfiai földfelszín* szabálytalanságai és a Föld belső tömegeloszlásának rendszertelenségei. Így a Föld-alak meghatározásának egyik módja az, hogy a felületet pontonként határozzuk meg, ekkor minden pontot három adat jellemez. Attól függően, hogy mik ezek a jellemző adatok, kétféle eljárás használatos.

Az egyik módszer *térbeli derékszögű koordináta-rendszert* használ, melynek kezdőpontja a Föld tömegközéppontjában van, Z tengelye a Föld forgástengelyével esik egybe, X és Y tengelye pedig a tömegközépponton átmenő, a forgástengelyre merőleges síkban fekszik. Egy-egy felületi pontot három koordinátával ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) jellemzünk. Ez a meghatározási mód a gyakorlati igényeket általában nem elégíti ki.

Szemléletünk és méréseink Föld felszínéhez való kötöttsége miatt célszerűbb, ha a három koordináta közül kettőt a Föld felületéhez kötünk („szélesség”, „hosszúság”), a harmadikkal pedig a vizsgált pontnak ettől a felülettől való távolságát — magasságát vagy mélységét — adjuk meg. Ehhez a megoldáshoz a Föld-felület nem lehet a szabálytalan topográfiai földfelszín, sem szabálytalan szintfelület, így a *geoid* sem. (A geoid egy meghatározott, tengerszinten fekvő ponton átmenő szintfelület.) Matematikai képletekkel megadható felületre van szükség, mely jól megközelíti a geoidot, de a Föld valódi alakját



idealizálja. Az így meghatározott szabályos felületet *alap- vagy referenciafelületnek* nevezzük.

A helymeghatározás e módszerénél tehát a következő lépéseket kell végrehajtani:

- fel kell venni az alapfelületet (méreteit, egyenletét);
- a meghatározni kívánt pontot vetíteni kell az alapfelületre;
- meg kell határozni a vetített pont helyzetét az alapfelületen;
- meg kell határozni az alapfelületre vetített pont és az eredeti pont távolságát (magasság, mélység).

Alapfelületként *forgási ellipszoidot, gömböt vagy síkot* vesz fel a geodézia\*.

Azokat a méréseket, amelyekkel az alapfelületen levő pontoknak a helyét határozzák meg *vízszintes méréseknek*, az alapfelületről való távolságmeghatározást pedig *magasságmérésnek* nevezzük. Az elméleti és gyakorlati geodézia feladatainak megoldásához az ún. felsőrendű vízszintes és magassági alappontok rendszerét kell kialakítani, majd ezekre támaszkodva határozhatók meg az ún. részletpontok.

### *Geodéziai alaphálózat létesítése háromszögeléssel*

A vízszintes alapponthálózat létesítésének klasszikus módszere a XVII. század első évtizedeiből, SNELLIUS-tól eredő *háromszögelés*. Abból a célból, hogy a háromszögelési hálózat megfelelő pontosságú alapul szolgáljon a geodéziának, a szóba jövő területet (a feladattól függően pl. országot) lehetőleg kevés számú, egyenlő nagyságú és egyenlő oldalú háromszögekkel kell beborítani. Egy háromszög jellemzéséhez 3 adat szükséges. Geodéziában (méréstechnikai okokból) a *szögmérés* kisebb munkával és lényegesen pontosabban volt végezhető, mint a hossz-mérés. Ezért a szögmérésen alapuló módszer terjedt el.

A háromszögelési hálózatban *elvileg elegendő egy oldal hosszát megmérni, és e kezdőoldalból számítható a többi oldal hossza*. A kedvezőtlen hibahalmozódás megakadályozására azonban egy hálózatban mindig több ún. *alapvonalat* mérünk. Ezzel a háromszögelési hálózat méretét határozzuk meg. A háromszögek alakjára az a megkötés, hogy csúcsaiknál nem szabad 30°-nál kisebb szögnek keletkeznie. Magyarország ún. elsőrendű hálózatában az átlagos oldalhossz 30 km körüli.

A szögek és az alapvonalak megmérése még nem elegendő ahhoz, hogy a pontoknak az alapfelületre (pl. ellipszoidra) vonatkozó koordinátáit kiszámíthassuk. Ehhez még legalább egy pontban csillagászati

\* Geodéziai alapfelületekről részletesebben az 1978. évi Csillagászati Évkönyvben, Ádám József „A belső bolygók alakjára és nehézségi erőterére vonatkozó firkutatási eredmények” című cikkében olvashatunk.

mérésekkel meg kell határozni a földrajzi szélességet és hosszúságot, és meg kell mérni egy oldal azimutszögét — tulajdonképpen ezzel helyezzük el és tájékoztatjuk az alapfelületen a háromszögelési hálózatot.

Ha azt akarjuk, hogy a szintfelület és az ellipszoid jobban simuljon egymáshoz, úgy 120—150 km-ként mérünk földrajzi koordinátákat, és a hálózatot a legkisebb négyzetek módszerével kapcsoljuk az alapfelülethez. Több oldal azimutját mérve a hálózat alakváltozását akarjuk megakadályozni. A hálózaton belül azonban még így is jelentős torzulások léphetnek fel, a következő okok miatt: szögméréskor a terep közelében haladó irány a vízszintes síkban is refrakciót szenved, az ún. *oldalrefrakciót*, mely sem mérési módszerrel, sem számítással nem küszöbölhető ki. A csillagászati mérésekben is lehetnek szisztematikus mérési és műszerhibák. Végül a nem kielégítő számítási eljárások is torzítják a hálózatot.

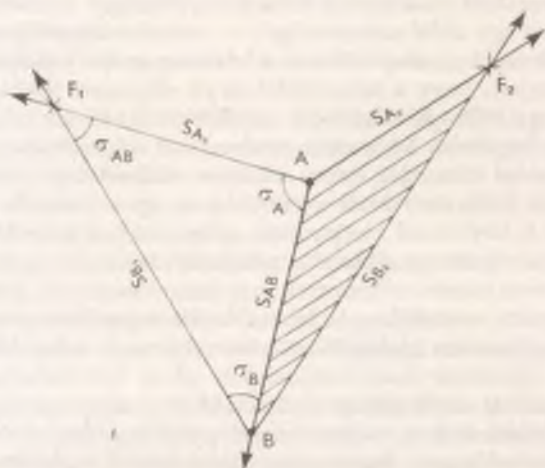
A fent elmondott elvek szerint alakították ki az egyes országok a saját geodéziai alaphálózatukat, melyek között a külön-külön történő számítások miatt szakadás van. Ezért az így kialakított földi hálózatokat más módszerrel szükséges összekapcsolni és ellenőrizni.

A *kozmosz geodézia* néhány száztól néhány ezer km-ig terjedő magasságban keringő mesterséges holdakkal egységes geodéziai világhálózat kialakítását teszi lehetővé. A mesterséges holdak a Föld nehézségi erőterében mozognak, így pályájuk rendellenességeit megfigyelve, az ún. *dinamikai módszerrel*, a Föld alakjára következtethetünk. A kozmosz geodézia *geometriai módszerénél* a pár ezer km távolságban levő megfigyelőállomások egyidejű (szinkron) észleléseket (irány, távolság) végeznek a műholdra. Így a távol eső megfigyelőállomások helyzete egységes koordinátarendszerben számítható, tehát hálózatok összekapcsolására és nagy kiterjedésű egységes hálózatok létrehozására nyílik lehetőség.

Kis kiterjedésű, országos hálózatok vizsgálatához, 100—200 km-es oldalak meghatározásához kisebb „magasságban” kell gondolkoznunk. A mesterséges holdak helyett kb. 30 km magasságig emelkedő *ballonokat* használunk, és mivel a földi észlelő állomásokat összekötő egyenes irányát a csillagok koordinátái alapján határozzuk meg, e módszer neve

### *stelláris háromszögelés.*

A módszer alapelve: két, egymástól esetleg pár száz km távolságban levő pontból egyidejűleg lefényképezünk az égbolton valamilyen fényjelet, és a környezetében látszó csillagokat. A fénypont égbolton elfoglalt helye a csillagok katalógusbeli koordinátáiból és a negatívról lement távolságok alapján vezethető le. Ezek az adatok elegendők ahhoz, hogy meghatározzuk a két földi ponton és a villanójelen áthaladó síkot. Egy másik villanásról is készítve ily módon felvételt, egy újabb síkot kapunk. *E két sík*



1. ábra. Két sík metszése meghatározza az AB hűrirányt

*metszésvonala a két földi pont összekötő egyenesé (1. ábra), melynek iránykoszinusza a síkok normálisainak iránykoszinuszaiból kiszámítható. Végeredményben tehát a két földi pont által meghatározott egyenes térbeli irányát kapjuk meg (óraszög és deklináció), melyek ellipszoidi adatokra számíthatók át, és összehasonlíthatók a geodéziai hálózatok adataival.*

### Történeti áttekintés, finn mérések

A stelláris háromszögelés alap gondolata a finn YRJÖ VÄISÄLÄ-től származik. A csillagászatban kisbolygó kutatással foglalkozott. Az általa tervezett és a turkui egyetemen megépített távcső 50 cm-es nyílása és 103 cm-es fókusz távolsága lehetővé tette, hogy 4000 km távolságból egy 10 cm átmérőjű holdat is tudtak volna észlelni. Väisälä ugyanis hitt abban, hogy Földünk körül egy második holdnak is kell léteznie, amit szisztematikusan keresett, sikertelenül. 1946-ban ezt írja a „Második hold a Föld számára” c. cikkében: „Ha igaz egy német újság beszámolója egy rakétáról, amely keresztül tudja repülni az Atlanti-óceánt, akkor nem lenne lehetetlen egy második holdat készíteni a Földnek, melynek mozgásából a Föld alakjára lehetne következtetni, vagy segítségével háromszögelést végezni az óceánokon keresztül.” Valószínű, hogy az e cikkben leírt gon-



dolatok, felhasználási lehetőségek voltak az első felvetései a mai kozmikus geodéziának.

Ugyanebben a cikkében írja le a stelláris háromszögelést: „Pillanatnyi felvillanásokat szolgáltató rakétákat lehetne használni kisebb skálán is, pl. megpróbálni háromszögelési hálózatot létesíteni a mi országunkban, ahol meglehetősen kis rakéták is megfelelnek. Sok esetben meteorológiai ballonok, melyek egy óra alatt 20—25 km magasságba fölhatolnak, lennének a legelőnyösebbek.” Egyévvvel később, 1947-ben a Finn Tudományos Akadémián tartott előadásában már a számítási módszert ismertette, és a Turku—Helsinki közötti 150 km-es oldalon végzett kísérletről is beszámolt. 1959-ben a Finn Geodéziai Intézetben KUKKAMAKI vezetésével végrehajtott első mérés már értékelhető eredményeket adott. Ezután kezdtek megtervezni a Finnországot lefedő, 14 pontból álló hálózatot (2. ábra).

A technikai berendezéseket 1964-ben kezdték kifejleszteni. Az észlelésekhez három *Schmidt—Väisälä-teleszkópot* építettek, mely kéttengelyes, ekvatoriális felállítású, és csillagkövetéssel rendelkező fotókamera. Kifejlesztették a villanásokat adó rádiószondát, melyet meteorológiai ballon visz megfelelő magasságba. 1969-ben kezdődtek meg a tényleges mérések az első háromszög oldalaira: Turku—Helsinki—Niinisalo. Ettől kezdve a mérések folyamatosan történnek. Az első háromszög végleges számítása 1973-ban történt. A módszer használhatósága a refrakció megfelelő figyelembevételén múlik. A villanások 10—25 km magasságban történnek, tehát 200 km-es oldalhossznál 5—15°-os magassági szög alatt látszanak. Köztudott, hogy csillagászati és szputnyikfelvételeknél nem célszerű 60°-nál nagyobb zenittávolságnál mérni. A finnek ezt a problémát is megoldották.

A turkui csillagvizsgáló intézet igazgatója, OTERMA által kidolgozott refrakciós modell az egyetlen, amely ilyen szélsőséges esetekben is használható a pontosság jelentős csökkenésének veszélye nélkül.

### Interkozmosz kísérletek

A hatvanas években kezdtek el foglalkozni a stelláris háromszögelés technikai feltételeinek kidolgozásával az NDK-ban, a potsdami Földfizikai Intézetben. Kialakítottak egy mobil állomást, mely a meteorológiai ballonok felbocsátását, a szondák terepi ellenőrzését és a villanások rádióon történő irányítását végzi. Potsdam—Drezda közötti többszöri sikertelen kísérleti mérések után (az NDK meteorológiai viszonyai nagyon kedvezőtlenek az észlelésre) 1977. augusztus—szeptemberben Mongóliában haj-

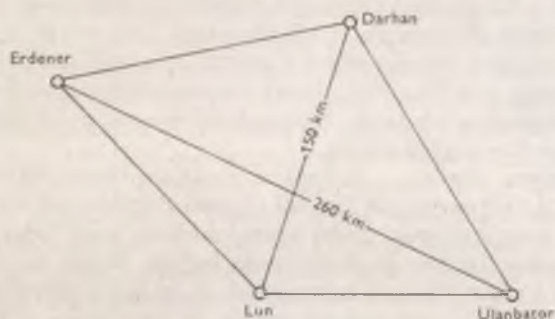
2. ábra. Finnország elsőrendű hálózata és tervezett stelláris hálózata





tottak végre a Szovjetunió Csillagászati Tanácsával közösen egy mérés-sorozatot. Mongólia hatalmas területe, nehéz terepviszonyai és gyenge felsőrendű hálózata indokolja, hogy az országot stelláris háromszögelés segítségével mért hálózattal fedjék le. 2500 méter magasságban a páramentes, horizontig ragyogó égbolt ideális háttér ehhez a módszerhez.

Négy pontból álló kísérleti hálózatot jelöltek ki (3. ábra), ahol szovjet és mongol észlelőkkel, AFU- és FAS-kamerákkal folyt a megfigyelés. A rétegszél előrejelzés és a megfigyelőkamerák nem mindig megfelelő működése miatt azonban a munkában fennakadások voltak. A négy megfigyelőállomás által meghatározott oldalak közül csak az átlók kerültek megmérésre, így az Interkozmosz a hálózat további mérését tervezi.



3. ábra. Mongólia kísérleti stelláris hálózata

### Kísérleti mérések Magyarországon

Hazánkban 1973-tól foglalkozunk a Földmérési Intézetben a stelláris háromszögelés módszerének tanulmányozásával és alkalmazásának lehetőségeivel. Első lépésben finnországi tanulmányúton ismerkedtünk az általuk kidolgozott műszerekkel és méréseik tapasztalataival. Végül az Interkozmosz keretein belül kifejlesztett technikával nyílt lehetőség az első magyarországi kísérleti mérés végrehajtására, 1978 augusztusában a Penc—Balatonfűzfő közti 128 km-es oldalon.

## *A mérések előkészítése*

Az észlelések megvalósításának nehézségei abból adódnak, hogy számos külső felvételt kell egyidejűleg biztosítani. Ilyenek: az észlelt vonal körzetében a horizontig felhőtlen tiszta égbolt; megbízható meteorológiai előrejelzés, különösen a szélirányra és szélsébségre; az észlelési pontok és a ballonfelbocsátás helye közti közvetlen kommunikációs kapcsolat; a légtér biztosítása.

A munka előkészítése az *észlelőkamerák kiválasztásával* kezdődött: elvileg bármely, fényképezésre alkalmas csillagászati távcső felhasználható stelláris háromszögeléshez, amennyiben fényereje kielégítő és (a viszonylag hosszú exponálási idő miatt) sziderikus követő berendezéssel van felszerelve. A finn tapasztalatok szerint a fényjel  $5^\circ \times 5^\circ$ -os körzetében 20—25 csillagnak kell leképződnie. Közismert, hogy  $30^\circ$ -os magassági szög alatt a láthatósági viszonyok rohamosan romlanak. Átlagos érzékenységu filmet feltételezve,  $f/2,5$  fényerejű kamerával egy percnél hosszabb expozícióra van szükség a 7 magnitúdós csillagok leképződéséhez  $20^\circ$  magassági szög közelében. Ezért a kozmikus geodézia fotografikus kamerái alkalmasak a feladatra. Hálózatmérés esetén pedig további fontos követelmény a szállíthatóság.

Magyarországon *Pencen, a Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumban, és Baján*, az MTA Csillagvizsgáló Intézet obszervatóriumában folynak mesterséges hold megfigyelések. Ezért kézenfekvőnek tűnt, hogy a kísérlet e két állomás közötti húr meghatározása legyen. Baján az obszervatórium azonban a város közepén helyezkedik el, és így a város fényei a horizontközeli észleléseket lehetetlenné teszik. *Balatonfűzfőn*, a Nitrokémiai Ipartelepek Uránia Csillagvizsgálójában kaptunk végül egy hónapra helyet megfigyelőműszereinknek, és lelkes amatőr segítők az észlelésekhez. Pencen az AFU- és SBG-kamerák állandó helyükön működtek, így felállításukra és beszabályozásukra nem volt külön szükség.

## *A kísérlet során felhasznált kamerák*

Az AFU—75 kamera mesterséges holdak fényképezésére készült. A fotó-kamera lencseközi központi záras objektívből, a kameratestből, és a kazzetából áll. Objektívje Urán—16 típusú, 21 cm átmérővel, 735 mm fókusszal,  $f/3,5$  fényerővel. Az AFU—75 négy tengely körül forgatható (azimut, magasság, orbitális, korrekciós tengelyek), így az égen közelítőleg főkör mentén látszódó mesterséges hold mozgása követhető. A szputnyik mozgását az észlelő a kísérő teleszkóppal ellenőrzi, és ennek megfelelően korrigálja a távcső szögsebességét. A követés akkor jó, ha a kísérő távcső szátkeresztjéhez képest a műhold állni látszik. Az *ekvatoriális alapzat*, melynek mozgása max. 3 percig tart, biztosítja a csillagok követését.



A kamera többféle üzemmódban használható:

- *Aktív holdak fényképezésénél* a bekapcsolás után a zár azonnal nyit, megindul a csillagok ekvatoriális követése. A filmre időadat nem képződik le, mert a felvillanások időpontját a mesterséges holdat üzemeltető intézmény megadja. Ez az üzemmód automatikus film-továbbítással vagy anélkül működhet.
- *Fényes holdak fényképezésére* szolgál nyommegszakításos üzemmódban az asztal áll, a mesterséges hold nyomvonalát az idő-meghatározás végett forgó dobzárral szakítják meg.
- *Halvány holdak fényképezésénél* a követő üzemmódot használják, és ekkor előre meghatározott program szerint a kamera felváltva hajt végre csillagexpozíciót, és műholdkövetéssel holdexpozíciót. A szputnyikpontok leképeződésének idejét a filmre fényképezzük a fotokronográf segítségével.

A rádiószonda felvillanásai előre ismert program szerint történnek, tehát az *aktív holdak fényképezésére szolgáló üzemmódban* végezhetjük a *stelláris háromszögelési megfigyeléseket*, azzal a különbséggel, hogy a ballon nem egy matematikailag leírható pályán mozog, hanem mozgása a szélviszonyok függvénye, ezért a kamerákkal az irányzás sokkal nehezebb volt.

Az *SBG-kamerát* 1962-ben bocsátotta ki a jénai Zeiss gyár. Schmidt-rendszerű teleszkóp, főtükrének átmérője 500 mm, fókusz távolsága 760 mm. A négytengelyes kamera asztro üzemmódjában csillagászati távcsőként használható. Az SBG nagy tömege nem teszi lehetővé a tengelyek menti gyors, ugyanakkor finom beállítást, ami nagymértékben nehezítette a ballon irányzását és követését, de ez a távcső nagyobb pontosságot biztosít, mert fotólemezre dolgozik.

Aktív geodéziai holdak fényképezésére készült 1969-ben, Rigában az *FAS-kamera*. Ekvatoriális alapzattal rendelkezik, kéttengelyes, azimutális felállítású, tükrös-lencsés objektív, gömbfőtükrének átmérője 300 mm. A kereső távcsöve: AT I. A kamera szárazzelemmel vagy akkumulátorral is működtethető, *terepi mérésekre alkalmas*. Ezt a kamerát a Szovjetunió Csillagászati Tanácsától kaptuk kölcsön a mérések idejére. Mivel könnyen szállítható, ez a kamera került felállításra Balatonfűzfőn, ahol a KGO észlelői működtették. Az egyes kamerák jellemzőit táblázatban foglaltuk össze.

### *A ballonok felbocsátása*

A kísérlet folyamán nálunk is a *német mobil ballonfelbocsátó állomás* működött, saját szakembereik vezetésével (4. ábra). A villanásokat adó, 2,2 kg tömegű szondát 7 m<sup>3</sup> hidrogénnel töltött *Totex 3000* meteorológiai ballon vitte fel. A szonda antennából, egy elektromos blokkból (vevő, de-



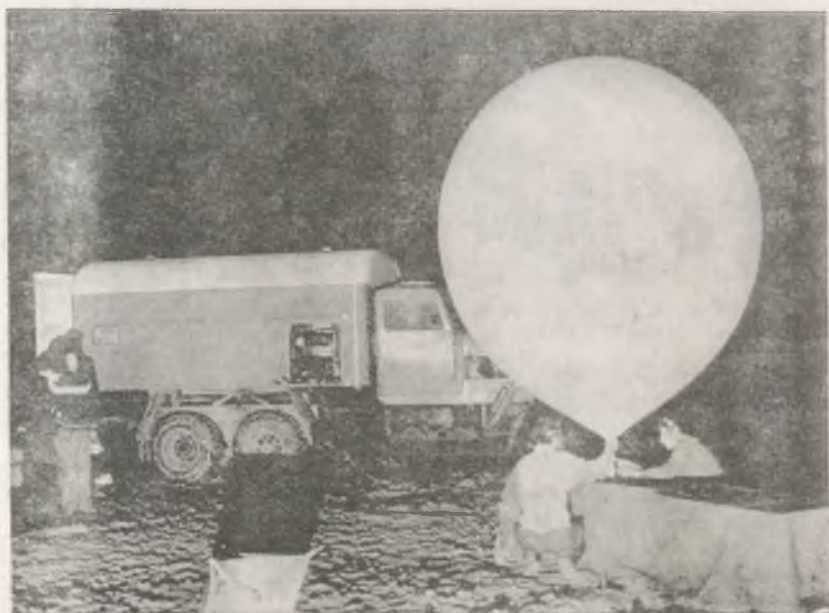
kóder, kioldószervezet) és a villanómátrixból áll (5. ábra). A villanómátrix száz db, maximálisan 1—1 g magnéziumporral töltött patronát tartalmaz.

A földi állomás két részből tevődött össze: a *ballontöltő—felbocsátó részlegből* és az *elektromos mérőkocsiból*, mely a villanásokat vezérelte, és az időregisztrációt végezte 0,001 s pontossággal. E két egység szükség esetén 30—40 km távolságra is lehetett egymástól a mérés idején. Ilyenkor a ballonfelbocsátást követő első fél órában az ún. tájékozó villantásokat a bal-

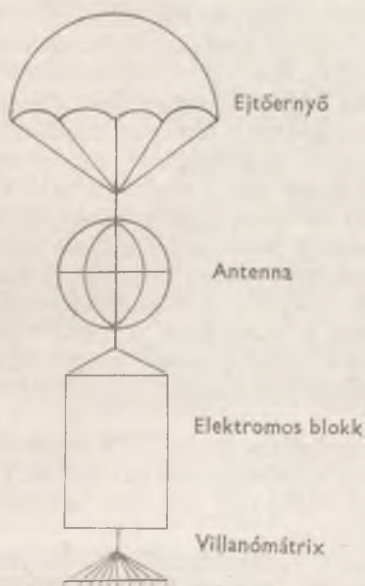
1. táblázat

### A kamerák optikai jellemzői

Kamera	fókusz- távolság [mm]	fényerő	látómező [fok]	képméret [cm]
SBG	760	f/1,8	5 × 8	9 × 12 üveg
AFU	735	f/3,5	10 × 15	19 × 24 film
FAS	480	f/1,9	7 × 10	6,5 × 9 üveg
Schmidt—Väisälä	1031	f/2,5	5 × 5	9 × 9 üveg



4. ábra. A német állomás egy ballon töltése közben



5. ábra. A villanószonda sematikus rajza

lonfelbocsátó helyről vezérelték, majd a pontos időregisztrációt kívánó észlelési villantásokat pedig a mérőkocsiból. A ballon várható élettartama másfél óra. 300 m/perc emelkedési magassággal számolva ekkor kb. 27 km magasságban van. A villanások programja úgy volt megállapítva, hogy minden harmadik perc meghatározott másodperceiben fényképezendő villanások legyenek, a közbenső percekben pedig a ballon útjának követésére szolgáló tájékoztató villanások. A rendszer biztonsági okokból úgy volt kialakítva, hogy ha a ballon a vártnál hamarabb szétpukkadt, az összes magnéziumpatron elégett, és a szonda ejtőernyővel a földre ereszkedett.

A műszaki feltételek biztosításán kívül mindennapos probléma volt a ballonfelbocsátások helyének és idejének kijelölése. Ezt alapvetően két tényező befolyásolja: a húr meghatározásának geometriája és a rétegszél előrejelzés. Ha a szinkronizációk között kb. 90°-os metszést akarunk elérni, akkor a húr felező merőlegesen kiválaszthatunk egy-egy optimális területet, mely felett a villanásokat fényképezni kell. A villanások tényleges helye attól függ, hogy a ballont hol bocsátották fel, és milyen volt a szél iránya és erőssége különböző magasságokban. A Meteorológiai Szolgálat 0, 12 és 18 órási budapesti ballonfelbocsátásainak rétegszél adatai (ezek 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 23 km magasságban meg-

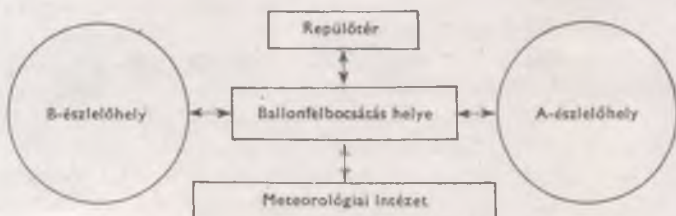
adják a szél irányát és sebességét) alapján a térképre berajzoltuk a ballon várható pályáját. A korábbi eredmények birtokában kijelöltük azokat a kívánt ballonpozíciókat, amelyeken átmenő síkok a lehető legjobb geometriai elrendeződést adják a hűrirány-meghatározáshoz. Ezután (a várható ballonpályát mozgatva) a térképen kijelöltük a szükséges felbocsátási körzetet. Az elméleti megfontolások után a terepi bejárás következett. Ballontöltésre ideális hely a magas fákkal körülvett faluszéli sportpálya. A biztonságos töltéshez ugyanis szinte teljes szélcsend szükséges, és 20—30 m-es körzetben bokros aljnövényzet sem lehet. A hely kiválasztás másik fontos gyakorlati szempontja, hogy a közelben éjszakai telefonálási lehetőséget is találjunk. A ballontöltés megkezdése előtt még egyszer fel kellett venni a kapcsolatot a repülőtérrel, és a két végpont észlelőtől tájékozódni kellett az ottani meteorológiai viszonyokról, mert az egyik végpont felhősödése esetén is már értelmetlenné vált a ballonfelbocsátás (6. ábra).

A kísérleteink végrehajtása idején, 1978 augusztusában az előző évek-től eltérően rendkívül szélsőséges volt az időjárás. Tartósan 60—100 km/h erősségű nyugati szél uralkodott, melynél a ballonfelbocsátás, és a villanások észlelése is lehetetlen.

A kísérlet ideje alatt Székesfehérvár, Bicske, Mór környékéről kilenc ballont bocsátottunk fel, melyek közül négy szondát megtaláltak, és vissza is hoztak. Az észlelés eredménye a végpontokon készített fényképfelvételek, az azonosításhoz szükséges adatokat tartalmazó mérési jegyzőkönyvek és meteorológiai adatok.

### *A mérések kiértékelése*

A villanások ekvatoriális koordinátáinak kiszámítása a kozmikus geodéziában használatos *lemezredukciós eljárással* történik. Az Ascorecord monokomparátoron kimért képpozíciókat alapján a *csillagok azonosítása* mágneslemezen levő *SAO katalógusból* történik. A katalógusi koordinátákat a sajátmozgás, az évi aberráció és a csillagászati refrakció érté-



6. ábra. A ballonfelbocsátáshoz szükséges telefonkapcsolatok



kével javítjuk. Kijelöljük a lemez geometriai középpontját, és kiszámoljuk a radiális és tangenciális torzulást, valamint a csillagmező disztortziós korrekcióját. Ezután a program meghatározza az optikai középpontot, és elvégzi a csillagmező ismételt simítását. Meghatározza a sík- és gömbi koordináták között a lineáris komplex transzformációs állandókat és számolja a villanások pozícióit ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) és azok hibáit.

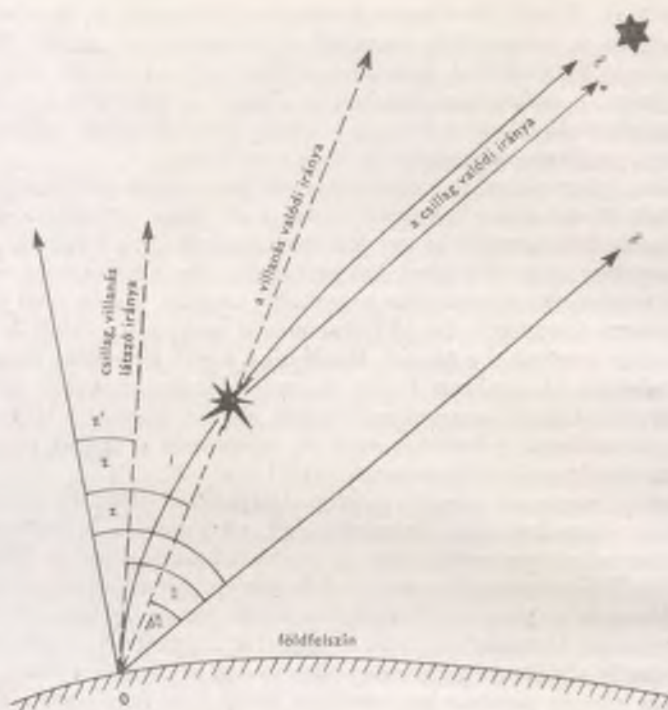
A kísérlet folyamán négy ballon 60 villanására készült kimérhető szinkronfelvétel. A villanások vezérlése olyan volt, hogy optimális esetben négy villanás fényképeződött egy lemezre. Az észlelések folyamán a kamerák azonban nem működtek kifogástalanul. Az FAS-kamera csillagkövetést meghajtó motorja néha megakadt, megállt, illetve nem emelte egyenletesen a távcsövet. Az AFU-kameránál szokatlan módon deklinációs irányban mozdult el a távcső. Mindezek a hibák jelentősen rontották a képmínőséget. A gyakran 1 mm hosszú csillagnyomponatok miatt a villanáskoordinátákat korrekcióval kellett ellátni. Emiatt a villanások irány megbízhatósága jelentősen romlott, mivel nem ismertük pontosan a kamera nyitás-zárás időpontokat.

A villanójelre mutató irányt a megfigyelési pontból kiinduló, a SAO katalógusban elfogadott égi alapszerrel párhuzamos irányítottaságú koordinátarendszerben adjuk meg. A rendszer kezdőiránya az 1950,0-es epocha középtavaszpontjába mutat. Ha az égi koordinátarendszert a precesszióval és nutációval elforgatjuk, akkor valódi csillagászati koordinátarendszert kapunk, melynek Z tengelye a pillanatnyi pólusra, X tengelye pedig a pillanatnyi tavaszpontra mutat az észlelés epochájában. A földi húr irányát azonban geocentrikus közép-földi rendszerben szeretnénk megkapni, melynek Z tengelye az 1900—1905-ös rendszer középpontjába mutat, X tengelye pedig párhuzamos a greenwichi középméridiánnal.

A lemezredukció során először csak a villanások *látszó koordinátáit* kapjuk (7. ábra), mivel a redukálás előtt a csillagok katalógusi koordinátáit már elláttuk a csillagászati refrakció ( $\xi$ ) értékével. Tegyük fel, hogy a lemezen a villanás és egy csillag éppen egy irányban látszik. A látszó koordinátákat a csillagászati refrakcióval visszakorrigálva, egy, a „végtelenben” levő pontnak (a csillagnak) az észlelés idejére vonatkozó *pillanatnyi valódi koordinátáit* kapjuk. Ezután számolhatjuk ki az ún. *parallaktikus refrakciót* ( $\Delta \xi$ ), mely a „végtelenben” levő csillag, és egy bizonyos magasságban, az atmoszférában levő objektumról érkező fény refrakciója közötti különbség. A parallaktikus refrakció a csillagászati és meteorológiai viszonyok függvénye, amit numerikus integrálással vagy sorbafejtett képlettel, és segéd táblázatokkal iterálással számíthatunk. A parallaktikus refrakció ismeretében már meghatározható a villanás valódi iránya.

Ezzel a húrirány-számításhoz minden szükséges adat rendelkezésre áll. A számítás első lépéseként az észlelési pontok földrajzi koordinátaiból





7. ábra. A csillagászati és parallaktikus refrakció.

$Z'$ : látszó zenittávolság

$Z$ : villanás valódi iránya

$Z$ : a csillag pillanatnyi valódi iránya

$\xi = Z - Z'$ : csillagászati refrakció

$\Delta\xi = Z - Z$ : parallaktikus refrakció

meghatározzuk a hűrirány előzetes  $t_0$  óraszögét és  $\delta_0$  deklinációját. Meghatározzuk a két megfigyelési pontból a villanásra mutató irány iránykoszinuszait. Az e két irány által meghatározott sík normálisát az irányok vektoriális szorzatával adhatjuk meg. A hűrirányt két szinkronsík metszése egyértelműen megadja. Nekünk azonban az értékelhető villanások által meghatározott 60 sík metszéséből kell kiszámolnunk, ezért az ellentmondások feloldására a geodéziában használatos kiegyenlítéssel kapjuk meg a hűrirányt. A számítás folyamán az irányokat különféle súllyal vesszük figyelembe, attól függően, hogy milyen volt az irány zenittávo-

sága, megbízhatósága, valamint a villanás és az észlelési hely közötti távolság. A kiegyenlítés végeredménye az előzetes  $t_0$ ,  $\delta_0$  irányhoz rendelt javítás, és annak hibája.

→

A szinkronsíkok metszéséből a térbeli AB húrirányt a  $Z=W$  tengely körül az A észlelési pontba forgatott U tengely és a rá merőleges V tengely V, U, W rendszerében kapjuk meg (8. ábra). Az A pontban az ellipszoidi meridián északi érintőjében (m) vegyük fel az A pontbeli horizonti koordinátarendszert (n, m, e). Ebben a rendszerben vektoriálisan meghatározhatjuk az A pontból a B felé mutató irány északi azimutját ( $\alpha$ ). Ehhez korrekcióként figyelembe kell még venni, hogy B észlelőhely nem az A magasságában van, valamint egy korrekciós taggal a húr azimutjáról át kell térni a geodéziai vonal (a felület két adott pontja közötti leg-rövidebb görbe) azimutjára. Végeredményképpen ez az adat szolgáltat számunkra geodéziai információt.

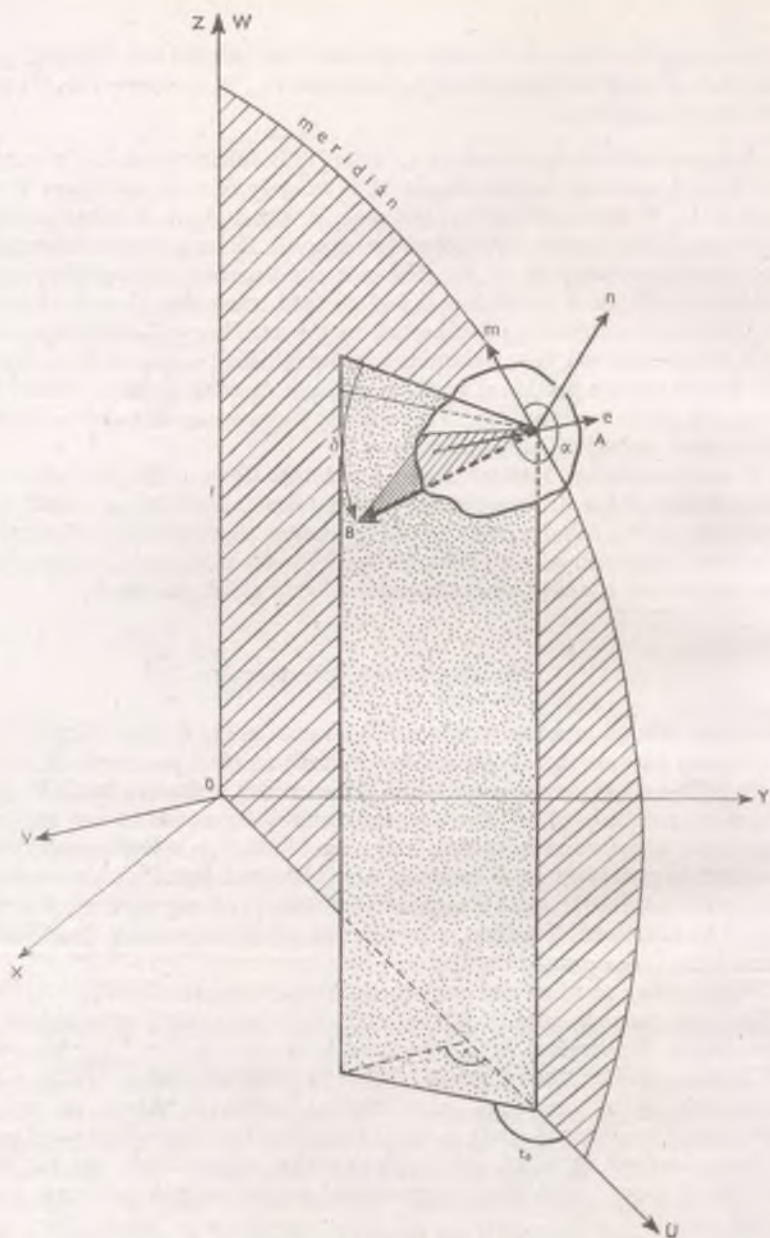
A magyarországi kísérlet során levezetett Penc—Balatonfüzfő húr-irány középhibája az ismertetett kedvezőtlen körülmények miatt csak 2"7 volt, ezen a hibahatáron belül egybeesett a geodéziai hálózathoz levezethető húriránnyal. A kísérlet végrehajtásával hasznos tapasztalatokat szereztünk a stelláris háromszögelés hazai alkalmazásánál.

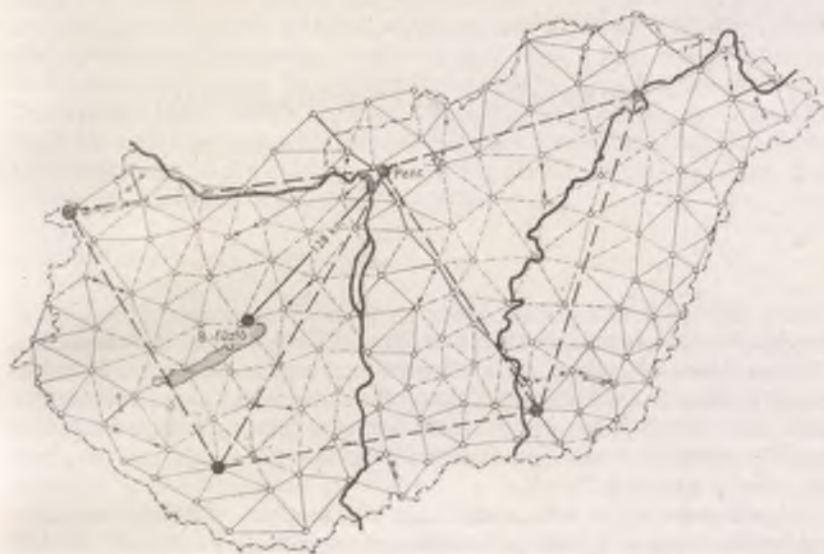
### További tervek, lehetőségek

A magyarországi országos felsőrendű háromszögelési hálózat vizsgálatára két-három háromszögből álló stelláris hálózat mérését tervezzük (9. ábra).

Az 1978-as kísérlet tapasztalatait felhasználva a munka további folytatásához megbízható, egyszerű fotókamerák kifejlesztésére van szükség. Ezenkívül hazai vonatkozásban kell megoldanunk a villanószondák fejlesztését és gyártását is. A technika továbbfejlesztésén kívül a mérési és szervezési feladatok további egyszerűsítésére is szükség van, mely térben és időben kötetlenebb módon, a meteorológiai viszonyoknak megfelelően ténne lehetővé a munkavégzést.

Napjainkban az új mérési módszerek lehetővé teszik a kiinduló feladat, a Föld-alak meghatározását közvetlen térbeli derékszögű koordináták levezetésével. *Mesterséges holdak frekvenciacsúszását mérve*, Doppler-vevővel, kevés terepi munkával jutunk ehhez az értékhármashoz. Tehát a hálózatmérés új módszerének lehetőségével állunk szemben. A stellár-háromszögelési kísérlet alatt a KGO tulajdonában levő JMR—1 Doppler-berendezéssel egyszerű pontmeghatározást végeztünk a húr két végpontján. A kapott eredmények egymásnak a hibahatáron belül nem mondanak ellent.





9. ábra. Magyarország elsőrendű hálózata és tervezett stelláris hálózata

Érdekességgént megemlítjük, hogy a Nyugat-Európai Hálózatban is folynak hasonló mérések: Wettzell (NSZK) és Graz (Ausztria) pontok között stellárháromszögelési és Doppler-méréseket végeznek párhuzamosan. Tudomásunk szerint máshol jelenleg nem folyik stelláris háromszögelés Európában.



## KÖLCSÖNHATÓ KETTŐSCSILLAGOK

Napjaink csillagászati kutatásában igen előkelő helyet foglalnak el a kettőscsillagok általában, de különösen ezek egymásrahatása. Mivel az elmúlt években a Csillagászati Évkönyvben már jelent meg általános, átfogó cikk a kettőscsillagokról\*, az ott leírtakat felesleges lenne ismételni. Az azóta eltelt évek azonban számos új eredményt hoztak mind az elmélet, mind a gyakorlat terén.

Jelen ismertetés két részre oszlik. Az első részben összefoglalom a szoros kettőscsillagok fejlődésére vonatkozó elméletet, a második részben pedig az egymásraható kettőscsillagok két olyan csoportjával (az RS Canum Venaticorum és a törpe nóva típusú csillagokkal) foglalkozom, melyek jelenleg a kettőscsillag-kutatás érdeklődésének középpontjában állnak.

### A szoros kettős rendszerek fejlődése

megértéséhez az első jelentős lépést KUIPER (1941) tette meg azzal, hogy felismerte a *Roche lobe* (Roche-térfogat) jelentőségét. (A Roche lobe—vagy más néven a Roche-féle ekvipotenciális felület — a két csillagot külön-külön körülvevő, egy közös ponton érintkező ekvipotenciális felület, melynek döntő szerepe van a szoros kettős rendszerek fejlődése szempontjából. Ha egy csillag a fejlődése során ezen túlnő, akkor anyagának egy része átkerül a másik csillagra.)

PARENAGO és MASZEVICS (1951) felismerte, hogy az Algol-típusú kettős rendszerek szubóriás komponensei nem felelnek meg a tömeg—fényesség relációnak. STRUVE (1954) kimutatta, hogy ez a luminozitási többlet a két komponens tömegének hányadosával arányos. Bár a csillagfejlődési elméletek ekkor még nem voltak teljes részletességgel kidolgozottak, az már nyilvánvaló volt, hogy a

\* lásd Guman István cikkét az 1972. évre szóló Csillagászati Évkönyv 195. oldalán

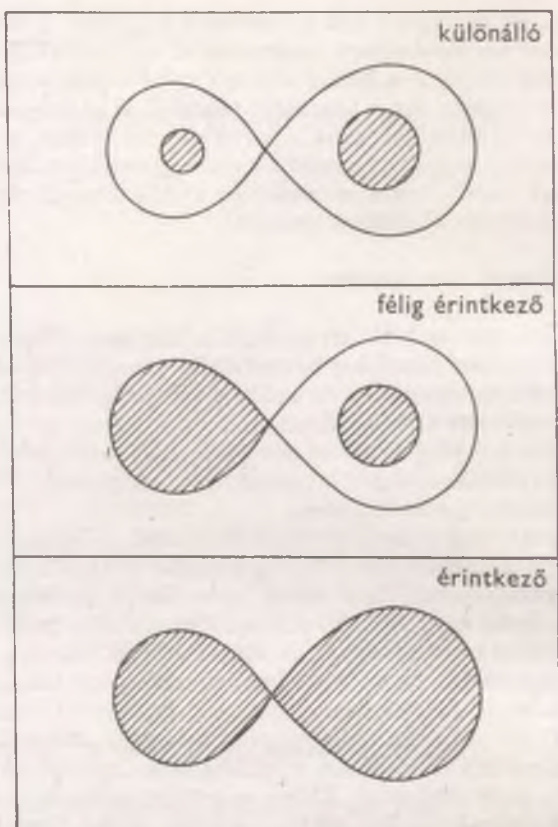
nagyobb tömegű csillagnak kell gyorsabban fejlődnie. A megfigyelések szerint azonban az Algol-típusú rendszereknél a fősorozatról már elfejlődött óriáscsillag lényegesen kisebb tömegű, mint a még mindig a főágon levő másik komponens. Ezt a jelenséget nevezték el *Algol-paradoxonnak*. CRAWFORD (1955) szerint azonban a paradoxon feloldható, ha feltesszük, hogy az eredetileg nagyobb tömegű (és ezért gyorsabban fejlődő) csillag tömegének egy részét átadta az eredetileg kisebb tömegű társának. Feltetelezését a későbbi számítások igazolták.

### *A kettős rendszerek osztályozása*

(sok egyéb szempont mellett) elvégezhető fejlődésbeni állapotuk szerint is. Ezt az osztályozást eredetileg KOPAL (1955) javasolta, három csoportra osztva a kettős rendszereket. Az elsőbe olyan kettősök tartoznak, amelyek egyike sem tölti ki saját Roche-térfogatát. Ezek a *különálló (detached) rendszerek*. A *félíg érintkező (semi detached) rendszerek* esetén csak az egyik, míg az *érintkező (contact) rendszerek* esetén mindkét komponens kitölti a Roche-térfogatát (1. ábra).

A fent említett osztályozás a fejlődésben levő csillagpár pillanatnyi állapota szerint csoportosítja a keletkezésüktől a végállapotukig nagy utat bejáró rendszereket. Ha a kettős egész életét figyelembe vesszük, akkor *szoros*, illetve *tág rendszereket* különböztethetünk meg. Ez a fogalom jelentős változásokon ment át az utóbbi időben. Szoros rendszernek korábban az egymáshoz olyan közel keringő csillagokat tekintették, melyek egymás alakját kölcsönösen eltorzítják. PLAVEC és PACZYNSKI javaslatára 1967 óta az olyan csillagpárokat tekintjük szoros kettős rendszereknek, melyek közül *valamikor a fejlődés során legalább az egyik komponens kitölti a Roche-térfogatát*. Ebben az esetben ugyanis a csillag fejlődése már nem vizsgálható önmagában, a másik csillag figyelembevétele nélkül.

Megjegyzendő, hogy a szoros, illetve tág rendszer elnevezés némileg megtévesztő. Abban ugyanis, hogy egy rendszer szoros-e vagy tág, az új értelmezés szerint nem csak a két komponens távolsága játszik szerepet, hanem ugyanilyen fontos a tömegük is. A nagy tömegű csillagok fejlődésének késői szakaszában — például a szén begyulladását közvetlenül megelőző fázisban — a csillag légköre oly nagymértékben kiterjed, hogy még egymástól igen nagy távolságban, hosszú (akár néhány száz éves) periódussal keringő csillagok esetén is előfordulhat a Roche-térfogat kitöltése. Másrészt viszont létezhet olyan kis tömegű, de egymáshoz közel keringő komponensekből álló rendszer, melynek tagjai — a főágot elhagyva — különösebben nagyfokú felfúvódás nélkül mennek át a fehér törpe állapotba, és a Roche-térfogatukat annak ellenére sem töltik ki, hogy keringési idejük esetleg mindössze néhány nap körüli.



1. ábra. Kettős rendszerek osztályozása a fejlődési állapot szerint

A szoros kettős rendszerek fejlődésének számítógépes nyomonkövetése bonyolult feladat, de a lényeg megérthető

*néhány egyszerű összefüggés*

segítségével. Jelölje a két csillag tömegét  $m_1$ , illetve  $m_2$ , a pálya félnagy-tengelyét  $A$ . (Az 1-es index tartozzon az eredetileg nagyobb tömegű komponenshez.) Mivel a csillagok gravitációs potenciálja jó közelítéssel tö-

megpontok gravitációs potenciáljának tekinthető, Kepler törvénye alapján:

$$A^3 \frac{4\pi^2}{P^2} = G(\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2) \quad (1)$$

— ahol  $P$  a keringési periódus,  $G$  a gravitációs állandó. Ha a pályaimpulzusmomentumot  $J$ -vel jelöljük:

$$J = \mathfrak{M}_1 \cdot \mathfrak{M}_2 \sqrt{\frac{A G}{\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2}} \quad (2)$$

Ha egy csillag kitölti a Roche-térfogatát és megindul az *anyag átáramlása*, akkor esetleg előfordulhat, hogy egyes anyagrészek elhagyják a kettős rendszert. Ennek azonban igen kicsi a valószínűsége, mert a számítások azt mutatják, hogy az anyagátáramlás a két csillagot körülvevő ekvipotenciális felület érintkezési pontját képező ún. *belső Lagrange-pontnál* indul meg, és viszonylag kis sebességgel. Így kézenfekvő az a feltevés, hogy a rendszer nem veszít anyagot, és így impulzusnyomatékot sem. Ha tehát feltesszük, hogy  $\mathfrak{M} = \mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 = \text{const.}$  és  $J = \text{const.}$ , akkor (2) alapján

$$A = \frac{\mathfrak{M} J^2}{G(\mathfrak{M}_1 \mathfrak{M}_2)^2} = \frac{\text{const.}}{\mathfrak{M}_1^2 \mathfrak{M}_2^2} \quad (3)$$

aniből látszik, hogy a távolságuk akkor a legkisebb, amikor  $\mathfrak{M}_1 = \mathfrak{M}_2$ . Más szóval már ebből az egyszerű levezetésből is látszik, hogy ha egy nagyobb tömegű csillag (kitöltve a Roche-térfogatát anyagot ad át a kisebb tömegűnek, akkor *a két csillag közötti távolság eleinte csökkenni fog*, mindaddig, amíg a két tömeg egyenlővé nem válik; majd ha a tömegátadás még ezután is folytatódna, akkor *a csillagok ismét távolodni fognak egymástól*.

A Roche-térfogat pontos méretének és alakjának meghatározásaszintén bonyolult feladat, de igen jól közelíthető egy egyszerű formulával, mely a Roche-térfogat  $r_1$  sugarára vonatkozik:

$$r_1 = A(0,38 + 0,2 \cdot \log \frac{\mathfrak{M}_1}{\mathfrak{M}_2}), \quad \text{ha} \quad 0,5 < \frac{\mathfrak{M}_1}{\mathfrak{M}_2} < 20 \quad (4)$$

illetve:

$$r_1 = A \cdot 0,46224 \cdot \left( \frac{\mathfrak{M}_1}{\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2} \right)^{1/3} \quad \text{ha} \quad 0 < \mathfrak{M}_1 / \mathfrak{M}_2 < 0,5 \quad (5)$$



Valójában — mivel a Roche-térfogat meghatározásánál csak a gravitációt vettük figyelembe — az anyagátáramlás nem a Roche-térfogat, hanem az ún. *kritikus sugár* ( $r_{cr}$ ) átlépésekor következik be. Természetesen  $r_{cr}$  közel azonos  $r_1$ -gyel, legalábbis, ha a csillagok tengely körüli forgása kötött, és a csillagnak jól definiálható felszíne van. A szoros kettős rendszerek fejlődésének nyomon követésénél (melyek eredményét a következőkben ismertetem)

### *néhány alapfeltevés*

szükséges. Ezek a problémát egyszerűsítő, és a matematikai kezelést megkönnyítő feltevések a következők:

- *A kettős rendszer csillagai gömbszimmetrikusak*, azaz elhanyagoljuk a rotációs belapulást és az árapálykeltő erők okozta torzulásokat. (Mindez az anyagot átadó csillag esetében jó közelítés, ugyanis a Roche-térfogat tényleges alakját figyelembe vevő számítások eredményei nem különböznek lényegesen a gömbszimmetrikus esettől. Az anyagot felvevő csillag már kevésbé tekinthető gömbszimmetrikusnak, mivel a csillagra kerülő anyag jelentős impulzusnyomatókkal rendelkezik.)
  - *A csillag hidrosztatikai egyensúlyban van.*
  - *A két csillag körpályán mozog a közös tömegközéppont körül.* Ez azért lényeges, mert a Roche-térfogat értelmezése igen bonyolulttá válik ellipszispálya esetén. A megfigyelések tanúsága szerint azonban úgyszólván nincs olyan félig érintkező rendszer, melyre ez a feltétel ne teljesülne. Egyébként a számítások szerint maga a tömegcsere is elősegíti körpályák kialakulását. Mindenesetre a fejlődésük kezdetén levő csillagpároknál (mindkét komponens a főágon helyezkedik el) előfordulhat ellipszispálya.
  - *Létezik egy  $r_{cr}$  sugár*, mely lényegében a Roche-térfogat  $r_1$  sugarával azonos, és ha a csillag sugara ezt meghaladja, akkor *anyagátáramlás* következik be.
  - *Az egyensúlyban levő csillag sugara mindig kisebb, vagy legfeljebb egyenlő  $r_1$ -el.*
  - *Az össztömeg és a pályaimpulzusmomentum állandó.* (A rendszer zárt, nem veszít tömeget.)
- Ahhoz, hogy egy kettőscsillag főkomponensének fejlődését megértsük,

### *egy egyedülálló csillag fejlődése*

szolgál kiindulási alapul. A 2. ábra egy 5 naptömegű, egyedülálló csillag sugarának a változását mutatja az idő függvényében. Mint látható, a csillag nem egészen  $10^8$  év alatt három, egymástól jól elkülönülő fázisban

több mint 300-szorosára növeli a sugarát. Ha ezek bármelyikében kitölti a Roche-térfogatát, anyagátáramlás történik a másik csillagra. Ha az első tágulási fázisban (a hidrogén ég a magban) történik meg a Roche-térfogat először kiöltése, akkor *A típusú*, ha a hélium, illetve a szén begyulladását közvetlenül megelőző szakaszban, akkor pedig *B*, illetve *C típusú anyagátadásról* beszélünk.

Ha példánkban feltételezzük, hogy  $5M_{\odot}$  tömegű főcsillagunk kísérője  $2,5M_{\odot}$  tömegű, akkor meghatározhatók azok a kritikus távolság-, illetve az ezekből következő kritikus keringési idő értékek, melyeknél rövidebb keringési periódus fennállása esetén rendre A, B, illetve C típusú anyagátáramlás következik be.

Az (1) Kepler-törvény a következő alakban is leírható:

$$\log P [\text{nap}] = 1,5 \log \frac{A}{R_{\odot}} - 0,5 \log \left( \frac{M_1 + M_2}{M_{\odot}} \right) - 0,936 \quad (6)$$

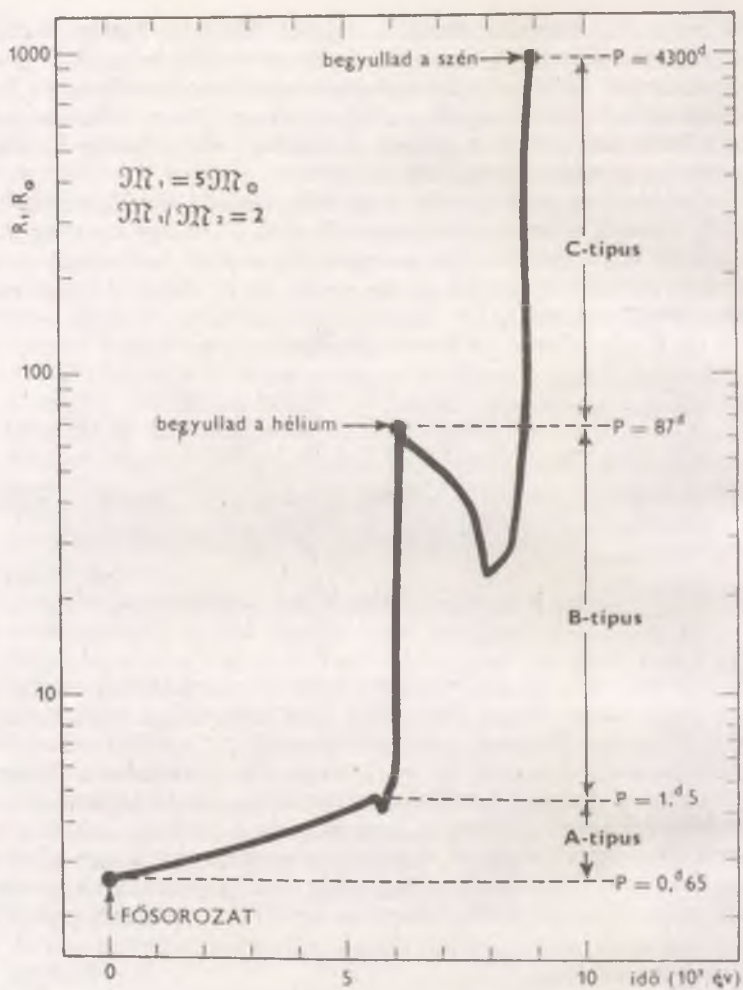
majd (4) felhasználásával az adódik, hogy konkrét példákban a Roche-térfogat akkor lesz kitöltve, ha  $R_1/A = 0,44$ . Ekkor a periódus:

$$\log P [\text{nap}] = 1,5 \log \left( \frac{R_1}{R_{\odot}} \right) - 0,84 \quad (7)$$

amiből következik, hogy példánkban a rendszer keringési ideje eleve nem lehet kisebb mint  $0,65$  nap. Ha  $0,465 < P < 1,45$ , akkor A típusú; ha  $1,45 < P < 87^d$ , akkor B típusú; végül pedig ha  $87^d < P < 4300^d$  akkor C típusú anyagátáramlás következik be (2. ábra). Ez az utóbbi adat talán túlzásnak tűnhet, de hogy a valóságban van ilyen, sőt még hosszabb periódusú félig érintkező rendszer is, arra jó példa a VV Cep. Ennek a rendszernek a keringési ideje 20 év. Az egyik komponens egy  $M$  típusú,  $80 M_{\odot}$  tömegű és  $1600 R_{\odot}$  sugarú csillag, mely kitölti a Roche-térfogatát. A másik csillag B típusú,  $40 M_{\odot}$  tömegű és egy  $90 R_{\odot}$  sugarú héj veszi körül.

### *A tömegcsere lefolyása*

a 3. ábra segítségével követhető nyomon. A csillag fejlődése a fősorozatról indul (A pont). Sugara növekszik, tömege változatlan. Ha egyedülálló csillag lenne, B' irányba fejlődhetne tovább. Így azonban a B pontban kitölti a Roche-térfogatot, megkezdődik a gyors tömegátadás. Mivel a nagyobb tömegű csillag veszít anyagot, ezért Roche-térfogatának sugara ( $r_1$ ) a tömegvesztés következtében csökken, amihez még az is hozzájárul, hogy a (3) összefüggésnek megfelelően a két csillag még közelebb is kerül egymáshoz, — ez a folyamat tehát önmagát gyorsítva viharosan fog lezajlani.



2. ábra.  $5M_\odot$  tömegű csillag sugarának változása az idő függvényében (részletes magyarázat a szövegben)

Az ábrán  $BCD'$ -vel jelölt görbe a csillag sugarát mutatja a tömeg függvényében, termális egyensúly feltételezésével. A Roche-térfogat kitöltése után a csillag fejlődése kezdetben e görbe mentén folytatódik. A viharos tömegátadás következtében azonban a *tömegarány hamarosan megfordul*, és mivel ezután is az eredetileg nagyobb, de mostanra már kisebb tömegűvé vált komponens ad át anyagot az immáron nagyobb tömegű kísérőjének, az  $r_1$  ismét növekedésnek indul, hiszen a (3) összefüggésnek megfelelően *a két csillag ekkor már távolodni kezd egymástól*. A  $C$ -vel jelölt pontban a Roche-térfogat növekvő  $r_1$  sugara egyenlővé válik a csillag csökkenő  $R_1$  sugarával — a viharos tömegátadás megáll.

A csillag persze tovább fejlődik, újra és újra túlnő a Roche-térfogatán, és tömeget ad át a másik komponensnek. Ez a tömegátadási folyamat azonban már *önmagát stabilizálja*, ugyanis a tömeget átadó komponens most kisebb tömegű, ezért a tömegvesztés hatására (mivel a két csillag távolabb kerül egymástól) a Roche-térfogat sugara megnő. A csillag fejlődése során újra és újra utoléri ezt a növekvő Roche-térfogatot, és tömeget ad át a másik komponensnek, de most már a lassú *nukleáris időskálán*.

Az előbb tárgyalt gyors tömegátadás viszont az ún. termális vagy Kelvin—Helmholz időskálán zajlik:

$$t_{K-H} = 3,1 \cdot 10^7 \cdot \frac{M^2}{R^* L^*} \quad [\text{év}] \quad (8)$$

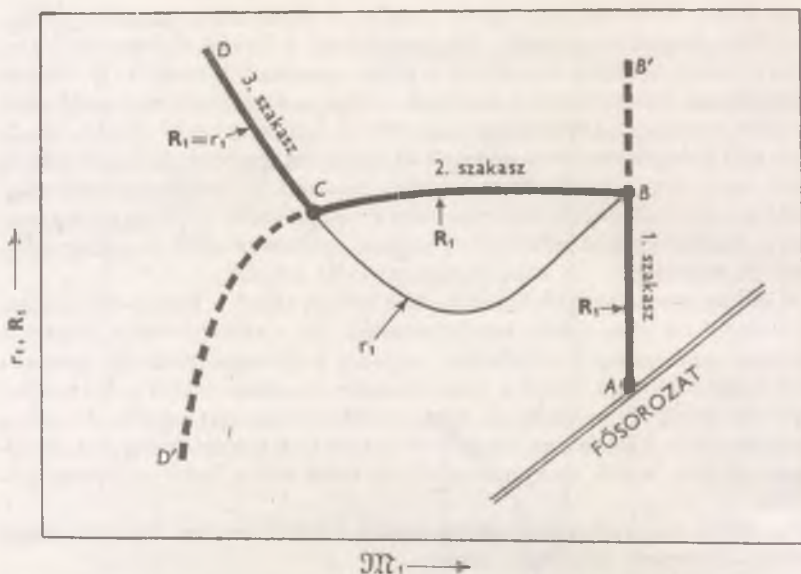
ahol  $M^* = M_1/M_\odot$ ;  $R^* = R_1/R_\odot$  és  $L^* = L_1/L_\odot$ , tehát a főkomponens tömege, sugara és luminozitása Nap-egységekben kifejezve. Ez az egyszerű összefüggés ugyan szintén csak közelítés, de egy 3-as faktoron belül azonos a részletes, mindenre kiterjedő számítások eredményeivel. A fenti (8) összefüggés segítségével meghatározható a tömegátadás évi rátája is:

$$\dot{M}^* = \frac{M^*}{t_{K-H}} = 3,2 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{R^* L^*}{M^*} \left[ \frac{M_\odot}{\text{év}} \right] \quad (9)$$

Ez ismét csak közelítés, de jól egyezik a részletes számítások eredményével.

Az égen megfigyelhető objektumok közül valószínűleg a gyors tömegátadás fázisában van a  $\beta$  Lyr és a  $V$  367 Cyg. A további valószínű jelöltek:  $SV$  Cen;  $W$  Ser;  $RX$  és  $SX$  Cas. Nagyon érdekes ebből a szempontból a  $V$  380 Cyg ( $14 M_\odot$ ). Itt a nagy tömegű komponens gyorsan tágul, már szinte kitölti a Roche-térfogatát és hamarosan megkezdődik a gyors tömegátadás. (A „hamarosan” kifejezés azt jelenti, hogy néhány millió éven belül.)



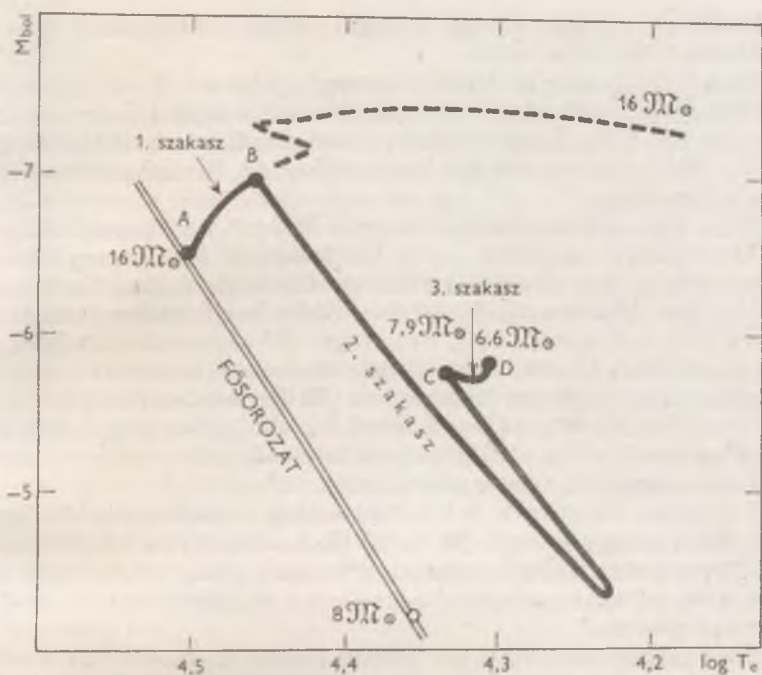


3. ábra. Tömegcsere lefolyása szoros kettőscsüknél. A vízszintes tengelyen a főkomponens tömege ( $M_1$ ), a függőlegesen pedig sugara ( $R_1$ ), illetve Roche-térfogatának sugara ( $r_1$ ) vannak feltüntetve. A nyilak a növekvő értékek irányába mutatnak (magyarázat a szövegben)

A csillagok fejlődését szokás a *Hertzsprung—Russell diagramon* megtenni útjukkal szemléltetni. Ez megtehető a szoros kettőscsillagok tömeget leadó főkomponensével is. A 4. ábrán egy eredetileg  $16 M_{\odot}$  tömegű főkomponens fejlődési útját ábrázoltuk. A 2. szakaszban lezajló gyors anyagvesztés fázisa után a főcsillag tömege  $7,9 M_{\odot}$ -ra csökkent, majd a lassú tömegátadás végén mint  $6,6 M_{\odot}$  tömegű csillag folytatja útját a HRD-n. A felső, szaggatott vonal a  $16 M_{\odot}$  tömegű csillag zavartalan, tömegvesztés nélküli fejlődési útját mutatja.

#### A további fejlődés

— ha a komponensek között *A típusú anyagátadás* történt — a különféle tömegű csillagoknál egymáshoz hasonlóan zajlik a nukleáris időskálán, miközben a rendszer félig érintkező marad. A kezdeti  $M_1/M_2$  tömegarány több mint megfordul a gyors tömegátadás során, és a főkomponens eléggé eltávolodik a termális egyensúly állapotától. A mostanra már kisebb



4. ábra. Tömegcserét szenvedő csillag útja a HRD-n. (Az egyes szakaszok jelölése megfelel a 3. ábra hasonló jelölésének.)

tömegű főkomponens kitölti a Roche-térfogatát, és lassú ütemben további anyagmennyiségeket ad át a mellékomponensnek. A fejlődésnek ez a szakasza kb. olyan hosszú, mint a főkomponensnek a főágon eltöltött ideje. A szubóriás komponensnek kb. 3 magnitúdós luminositási többlete van. (Ez azt jelenti, hogy kb.  $3^m$ -val fényesebb, mint egy ugyanilyen tömegű, főágon levő csillag.) A kialakuló tömegarányok nem túl nagyok, és a két komponens fényessége sem különbözik nagyon. Mivel ilyen esetben a két komponens igen közel van egymáshoz, az árapályerők miatt valószínűleg  $\beta$  Lyr típusú fénygörbék alakulnak ki. A későbbiek során a másik csillag is kitölti a Roche-térfogatát, és érintkező rendszer jön létre.

A B típusú fejlődés különbözőképpen zajlik nagy és kis tömegű csillagok esetében. A különbség amiatt lép fel, hogy az egyik esetben a magban begyullad a hélium, míg a másik esetben a mag további összehúzódását az elektrongáz elfajulása megakasztja. A lassú tömegátadás fázisa nagy tömegű csillagok esetén az összehúzódó héliummag Kelvin—Helmholz

időskáláján, míg kis tömegű csillagok esetén a hidrogénhéj égésének nukleáris időskáláján zajlik.

Ha a főkomponens kezdeti tömege meghaladja a  $3 M_{\odot}$  körüli értéket, akkor a tömegátadása *héliumbeggyulladás*a miatt megáll. Ez azért történik, mivel a mag kitágul, ugyanakkor a külső részek összehúzódása miatt a csillag többé már nem tölti ki a Roche-térfogatát. Ezután a csillag rááll az ún. hélium főágra.

Ha a főkomponens kezdeti tömege  $3 M_{\odot}$ -nál kisebb volt, akkor az elektronelfajulás megállítja a mag kontrakcióját. Emiatt nem jöhetnek létre a hélium beggyulladásához szükséges feltételek. A lassú tömegátadás folytatódik, miközben a *hidrogénhéj ég*. Ez kb. a csillag főágon töltött idejének 10%-ával egyenlő ideig tart. Nagy,  $10^m$ -s luminozitási többlet lép fel, ugyanakkor viszont a mellékkomponens sokkal fényesebb, mint a tömegéhez képest túlfényes főkomponens. Az ilyen rendszer megfelelő szög-ből szemlélve *Algol-típusú fénygörbét* ad. Később, mikor elfogy a hidrogén, a csillag összehúzódva átmegy a fehér törpe állapotba, miközben természetesen megszűnik a lassú tömegátadás.

A *C típusú tömegátadás* és következményei viszonylag kevésbé ismertek, mivel a nagy tömegű ( $M > 15 M_{\odot}$ ) csillagok önálló fejlődése sem problémamentes. Ezeknél ugyanis a héliumnak a magban való égése közben fellép az ún. *szemikonvekció*, és ennek a hatásával még nem tudnak biztosan számolni.

A legújabb kutatásokkal két irányba próbálják kiterjeszteni az elméletet. Egyrészt az eredetileg kisebb tömegű, de a tömegcsere révén nagyobb tömegűvé vált komponens további fejlődését próbálják nyomon követni, másrészt pedig a két komponens főágra állását megelőző fejlődést vizsgálják. Ez ugyanis jelentős összehúzódással jár, tehát a Roche-térfogatnak itt is szerepe lehet. Ugyancsak itt merülhet fel a kettős rendszerek keletkezésének a kérdése. Végleges válasz még nincs, de az eredetileg egy objektum kettészakadását feltételező elméletek látszanak előtérbe kerülni.

A fentiekben ismertetett elmélet a számítógépek elterjedésével, és azok csillagászati célokra való felhasználásával párhuzamosan a hatvanas évek végén, a hetvenes évek elején alakult ki. Kidolgozásában — mások mellett — különösen három kutatócsoport ért el kiemelkedő eredményeket, Varsóban PACZYNSKI, Göttingenben KIPPENHAHN, és Ondřejovban (Csehszlovákia) PLAVEC vezetésével.

A kettőscsillagok egymásrahatásának kutatása terén az utóbbi években mutatkozó fejlődés azonban nem korlátozódik csupán modell-számításokra. A megfigyelések, illetve azok értelmezése terén is található számos újdonság. Jelenleg csupán két ilyen téma rövid ismertetésére nyílik lehetőség; ezek a „törpe nóvák” és az

## RS Canum Venaticorum típusú csillagok

Hogy a fedési kettősök egy részét — közös tulajdonságaik alapján — ebbe az új csoportba kellene sorolni, az először 1974-ben merült fel, egy doktori disszertációban, de még el kellett telnie néhány évnek, míg a csoport fő jellemzői kikristályosodtak. Ezek a következők:

- A rendszer hidegebb komponense egy K0 — vagy ahhoz közeli — szubóriás, míg a forróbb csillag F vagy G típusú, és vagy a főágon, vagy egy kicsit fölötte van.
- *A két csillag jól szeparált*, minden esetben különálló rendszert alkot, ennek ismeretében egyes tulajdonságok annál furesábbnak tűnhetnek.
- A két csillag (egymástól alig különböző) tömegének az összege a legtöbb esetben  $1,75 M_{\odot}$  és  $3 M_{\odot}$  közé esik, de lényegében mind belül van az  $1-4 M_{\odot}$  határokon.
- *Erős kromoszférikus aktivitás* észlelhető (H és K emisszió). Néhányuk — köztük egy mindössze  $9^m$  fényességű objektum — irányából rádióemisszió is észlelhető.
- A fedési periódusok szélső értékei:  $2^d-11^d$ . A hirtelen, előre nem látható *periódusugrások* is a jellemzők közé tartoznak, jöllehet a többi különálló rendszer esetén ez nem nevezhető éppen jellemzőnek.
- További érdekes tulajdonságuk, hogy a fedési fénygörbére egy *vándorló (migrációs) hullám* rakódik rá, mely — mint a neve is mutatja — végighalad a fénygörbén, méghozzá a csökkenő fázis irányba.
- Előfordulnak *szabálytalan fényváltozások* is, és erős ultraibolya, valamint infravörös sugárzástöbblet is tapasztalható. Ilyen csillagok nem fordulnak elő fiatal vagy éppen keletkező csillagok környezetében.

Meg kell jegyezni, hogy nem minden ide sorolt kettős rendszernél fordul elő az összes, fent felsorolt tulajdonság.

Végleges magyarázat az RS Canum Venaticorum csillagok sajátosságaira még nincs. Az azonban igen valószínűnek látszik, hogy a naptevékenységhez hasonló „*csillagtevékenység*” során keletkező csillagfoltok fontos szerepet játszanak ezeknél az égitesteknél. A Naptól eltérően azonban fel kell tételezni, hogy a foltok csak az egyik félgömbön keletkeznek, s ez a csillag kettős voltaival magyarázható. (Persze azt is fel kell tennünk, hogy ez a „csillagtevékenység” lényegesen erőteljesebb annál, mint amit a Napon tapasztalhatunk.) A foltok az egyenlítőtől mért  $30^\circ$ -on belül keletkeznek, majd a differenciális rotáció indítja el a hullámszerű zavar terjedését, vándorlását. A vándorló hullám változó amplitúdója a 11 éves napciklusnak megfelelő *csillagaktivitási ciklus*



következménye. Mivel a ciklus során — miként a Nap esetében is — feltételezhető, hogy változik a foltok keletkezésének az egyenlítőtől mért szögtávolsága, ez magyarázza a vándorló hullám változó terjedési sebességét.

Ugyancsak kettőscsillagok egymásra hatása okozza az *U Geminorum* és a *Z Camelopardalis* típusú csillagok fénygörbeváltozásait. Az utóbbi években egyre nagyobb figyelmet szentelnek e két csoportnak. Mivel a köztük levő különbség nem túl nagy, és vannak átmeneti példányok is, szokásos őket közös elnevezéssel

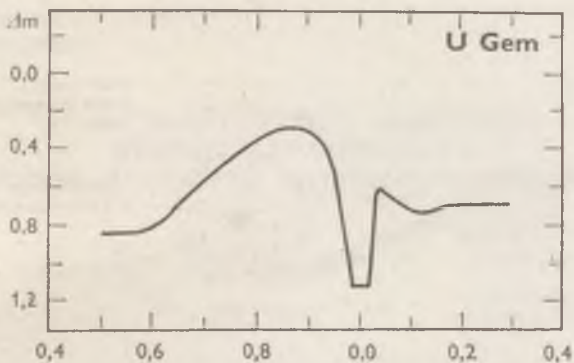
### törpe nóvák

címszó alatt emlegetni. A törpe nóvák fénygörbéinek általános jellemzői már régóta ismertek. A viszonylagos stabilitás időszakait hirtelen *nóvaszerű kitörések* szakítják meg, de ezek amplitúdója csak  $2^m$ – $6^m$  körüli. A felszálló ág rendszerint egy napnál rövidebb, melyet hosszú — egészen a következő kitörésig tartó — leszálló ág követ. A kitörésekben igazi periodicitás ugyan nincs, de egy durva periódus vagy legalábbis egy „időskála” megadható. Ez általában 30–50 nap körüli, de szélső esetként előfordul 12 napos és egy év feletti is.

Az *U Geminorum* és *Z Camelopardalis* alosztályokat úgy különböztetik meg, hogy az utóbbiak kitörési fénygörbéjének leszálló ágán *nyugalmi szakaszok* is vannak, amikor a fényesség csökkenése átmenetileg szűnnet. A *Z Camelopardalis* típust az is megkülönbözteti a másik típustól, hogy itt a kitörések gyakoribbak, viszont kisebbek. Ezek a különbségek azonban — részben a folytonos átmenet miatt is — nem jelentősek. Ugyanakkor érdekes egyéni eltérések is vannak a törpe nóvák közé sorolt kettősök viselkedése között. Néhány csillagnál például a „normális” kitörések mellett megfigyeltek „*szuperkitöréseket*” is. Ilyen esetben a fényesség néhány napig is a maximum körüli értéken maradhat. Igen érdekes — és eddig kielégítően még meg nem magyarázott — jelenség, hogy a szuperkitörések szabályosabb időközönként keletkeznek a normális kitöréseknél.

A kitörések közötti „nyugalmi” fénygörbe is mutat érdekességeket. Megfelelő berendezésekkel észlelve gyors ingadozás, ún. *flickering* tapasztalható. A jelenség gyorsfotometriai módszerekkel (1 másodperc körüli időfelbontással) való tanulmányozását a 70-es évek elején a McDonald obszervatóriumban dolgozták ki.\* A részletek ugyan rendszer-

\* lásd Kovács Géza cikkét az 1980. évre szóló Csillagászati Évkönyv 222. oldalán

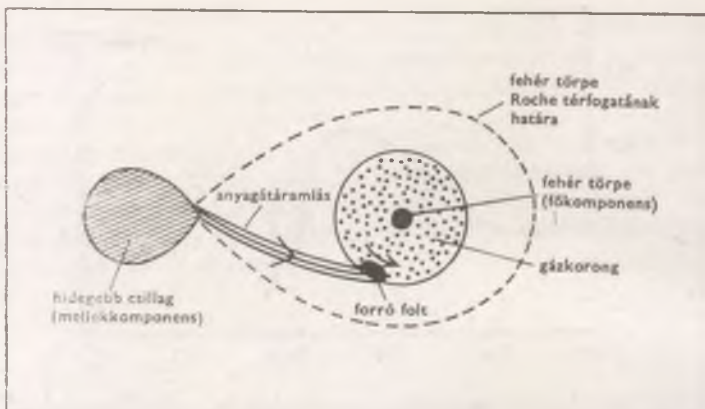


5. ábra. Az U Gem sematikus fénygörbéje (a rövidperiódusú ingadozások — flickering — nélkül)

ről rendszerre eltérőek, de közös jellemző, hogy a jelenség amplitúdója ultraibolyában nagyobb, mint a hosszabb hullámhosszakon, továbbá, hogy kb. 20 s-os periodicitása van, mely esetenként több órán keresztül is követhető. Az amplitúdó igen kicsi — néhány század magnitúdó —, ezért tanulmányozásához a távcsőhöz „on-line” kapcsolt számítógéppel végzett matematikai szűrés szükséges.

A kitörések mellett természetesen a rendszer kettős voltából is adódhatnak nagy amplitúdójú fényváltozások (fedési fénygörbe vagy egyéb). Az 5. ábrán az U Geminorum fénygörbéje látható. A kb. 0,6 fázisnál kezdődő púp a 0,9 fázisnál tetőzik, míg a fedési minimum már a leszállóágra esik. Érdekes megjegyezni, hogy a fedési minimum alján a flickering megszűnik vagy legalábbis erősen lecsökken.

Általánosan elfogadott nézetek szerint a törpe nóvák egy fehér törpecsillagból (főkomponens) és egy hidegebb mellékkomponensből, valamint a fehér törpét körülvevő korong alakú gázáramból állnak. Az 5. ábrán is látható púp a fénygörbén valószínűleg egy forró folttól származik. Ez a folt a feltételezések szerint nem valamelyik komponens felszínén, hanem a főkomponenst, a fehér törpét körülvevő gázáram peremén van, s kialakulásában a Roche-térfogatát kitöltő hidegebb komponensről leváló, és a fehér törpét körülvevő gázáramba beleütköző anyagrészek játszzák a főszerepet (6. ábra). Ez tehát már egy erősen elfejlődött rendszer, az eredeti főcsillag már a fejlődési út végét jelentő fehér törpe állapotba jutott, és a Roche-térfogatát kitöltő kísérő már javában anyagot ad vissza a főkomponensnek. Hogy az így visszakerülő anyag nem jut közvetlenül a felvevő csillag felszínére, hanem előbb egy ko-



6. ábra. Törpe nóva sematikus rajza. A bal oldalon látható az a Roche-térfogatát kitöltő hidegebb komponens, amelyről távozó anyagáram beleütözik a fehér törpe körül kialakult gázfelhőbe

rongszerű gázfelhő formájában kering körülötte, az a felfevő csillag fehér törpe mivoltával indokolható. Ez a folyamat egyébként — bizonyos körülmények között — I. típusú szupernóvarobbanáshoz vezethet. A gázfelhőnek nagy az optikai mélysége, ennek következtében a fedési minimum nem a fehér törpe, hanem a forró folt fedésekor lép fel.

A feltételezések szerint a kitörésnél fellépő fényességnövekedés a fehér törpét körülvevő gázkorong középső részének fényességnövekedése miatt jön létre. Maga a forró folt fényessége csak alig vagy akár egyáltalában nem nő. A folt fogyatkozása ezért csak a kitörés kezdetén és a leszálló ág végén figyelhető meg, a maximum idején nem. Kitöréskor a gázkorong sugara is jelentősen (akár 30%-kal) megnő, majd fokozatosan csökken a következő kitörésig.

A kis amplitúdójú, gyors fényváltozások (a flickering) részletes vizsgálata is megerősíti ezt a képet. Ennek oka ugyanis minden valószínűség szerint a kísérőről jövő, és a fehér törpe körüli gázkorongba ütköző anyagáram inhomogenitása. Ezek az anyagáram sűrűségében vagy sebességében, vagy mindkettőben megnyilvánuló ingadozások okozzák a gyors fényváltozásokat. Azt, hogy a flickeringnek valóban köze van a forró folthoz, az bizonyítja, hogy a folt fedésekor (minimumban) a flickering szünetel.

## AZ EXTRAGALAKTIKUS OBJEKTUMOK MORFOLÓGIAI VIZSGÁLATA ÉS NÉHÁNY KÜLÖNÖSEN JELLEMZŐ TULAJDONSÁGUK

Minden tudományágban előbb-utóbb beköszönt az az idő, amikor a kutatók vizsgálatainak tárgyát képező objektumok száma akkorára duzzad, hogy szinte lehetetlen már egyedekként kezelni azokat. Az ilyenkor elkerülhetetlenné váló lépés a kérdéses tárgyak (növények, rovarok, kőzetek, felhők, csillagok, kristályok stb.) vagy fogalmak (ingerek, motívumok, művészeti izmusok, nyelvtani kategóriák stb.) még viszonylag könnyen kezelhető, nagyobb csoportokba való beosztása. Így kapjuk a különböző — a kutatási terület módszereinek és céljainak viszonylag legjobban megfelelő — osztályozási (klasszifikációs) rendszereket, sémákat. Ezeket mindenkor az kell jellemezze, hogy *osztályai, csoportjai egymástól jól elhatárolhatók, jól definiáltak legyenek, és hogy e megkülönböztetést olyan ismert paraméterek alapján végezhesük el, amelyek a beosztani kívánt nagyszámú egyed mindegyikére, vagy legalábbis legtöbbikére adottak.*

Általában az első klasszifikációs kísérletekkel nem sikerül örökre megoldani egy-egy tudományág ilyen jellegű problémáit. Minél kevésbé függenek azonban az illető osztályozás kritériumai az aktuális megfigyelési lehetőségektől, a kor technikai színvonalától, általában annál maradandóbbak ezek a rendszerek. Többnyire azok a jó klasszifikációs sémák, amelyek nem a megfigyelés körülményeit, hanem *a vizsgált objektumok legjellemzőbb jegyeit* ragadják meg. Nézzük meg ezek után, hogy miként alakult ki az a néhány osztályozási rendszer, amely arra hivatott, hogy helyet biztosítson az egzakt tudományok által vizsgált legnagyobb egyedi objektumoknak, az extragalaxisoknak!



## Melyek az extragalaktikus objektumok ?

Fenti kérdés tisztázása azért rendkívül fontos, mert csak az égitestek egy bizonyos körének kijelölése után láthatunk hozzá ahhoz a feladathoz, hogy értelmes módon osszuk azokat további, kisebb csoportokba. Hogy el tudjunk indulni, azt kell tudnunk, mi a Galaxis (Tejútrendszer), körülbelül mekkora kiterjedésű, és hogy hol húzódik az a határ, anin túl már Galaxison túlinak, *extragalaktikusnak* nevezhetők a különböző égitestek. Ezzel az induló feltétellel azonban máris egy olyan fogas kérdés van szoros kapcsolatban, amely minden idők csillagászáinak fejtörést okozott. Akkor tudjuk eldönteni egy megfigyelt objektumról, hogy az galaktikus (Tejútrendszeren belüli) vagy extragalaktikus, ha ismerjük távolságát és azt, hogy irányában mekkora kiterjedésű a mi csillagrendszerünk. A csillagászati távolságmeghatározási módszerek azonban igen pontos, bonyolult és drága műszereket kívánnak, így nem csoda, hogy még a legközelebbi extragalaxisokról is csak a XX. században sikerült bebizonyítani, hogy valóban azok. Hiába láthatók a déli féltékről szabad szemmel is a Magellán Felhők, és hiába szerepelt a tőlünk is megfigyelhető Andromeda-köd már abban az arab égboltleírásban, amelyet őseink kalandozásai idején szerkesztett AL-SZUFFI (a X. században) — sem pusztá szemmel, sem egyszerű, vizuális megfigyelésekre használt távcsövekkel nem dönthető el róluk, hogy vizsgálataink tárgykörébe tartoznak-e, avagy sem. Bár a természetfilozófusok és a filozófálásra hajlamos csillagászok már évszázadok óta vissza-visszatértek a gondolathoz, hogy az égbolton látható Tejút egy olyan önálló rendszer képe a benne lakók számára, amilyenből még számtalannak kell léteznie a végtelen Világmindenségben, a kutatóknak semmilyen reális esélyük sem volt arra, hogy e feltevéseket megfigyeléseikkel alátámasszák vagy megcáfolják. Alljon itt mégis emlékeztetőül a svéd EMANUEL SWEDENBORG, az angol THOMAS WRIGHT, a porosz IMMANUEL KANT és az elzászi JOHANN HEINRICH LAMBERT neve mint azoké, akik különböző logikai alapról kiindulva, (és hol többé, hol meg kevésbé kifogásolható érveléssel) eljutottak odáig, hogy meggyőződésük lett: *csillagrendszerünk véges kiterjedésű, és nem az egyedüli ilyen objektum az Univerzumban.* (Aki részletesebben szeretne megismerkedni munkájukkal, annak elsősorban az ajánlott olvasmányok között [1] alatt szereplő mű tanulmányozását javaslom.)

Érdekes és jellemző, hogy például az a WILLIAM HERSCHEL, aki évtizedeken át fáradhatatlanul végzett észlelései alapján egy nagyon egyszerű, de lényegében helyes képet kapott a Galaxisról, és akinek meggyőződése volt, hogy az Andromeda-köd túl van Tejútrendszerünk határain, úgy vélte, hogy a planetáris ködök — ezek a tipikusan galaktikus objektumok — extragalaktikus rendszerek. Hasonlóképp pusztán

megérzéseire volt utalva a neves csillagász fia, JOHN HERSCHEL is, amikor a déli féltekén tett észlelő expedíciója során megvizsgálta a Kis és a Nagy Magellán Felhőt, s extragalaxisoknak minősítette őket. Nem rendelkezvén az objektumok távolságadataival, az ifjabb Herschel is csupán *kinézésük alapján* osztályozhatta a nem csillagszerű (kiterjedt, ködös) objektumokat — amiként azt korábban apja is tette —, megkülönböztetve a ködfajták alábbi sorozatát:

- olyan ködök, amelyek a közepükön egy kicsit fényesebbek;
- közepük felé fokozatosan fényesedő ködök;
- közepük felé erősen fényesedő ködök;
- üstökösökhöz hasonló alakú ködök;
- közepükön minden átmenet nélkül kifényesedő ködök.

Könnyen belátható, hogy a fenti osztályokba számos galaktikus objektum és extragalaktikus csillagrendszer is besorolható, hiszen az egyes csoportokra jellemző kritériumok meglehetősen „lazák”, tág teret hagyva az osztályozást végző személy fantáziájának és hajlamainak. Valószínűleg gondolhattak erre a lehetőségre Herschelék is, mert katalógus jellegű műveikben nem használtak ilyen osztályozási módszereket. Ennek is köszönhető például, hogy a John által 1864-ben közzétett „Általános Katalógus” (*General Catalogue — GC*), amely vizuális megfigyeléseik alapján több ezer objektum (köd, halmaz, porfelhő, galaxis) koordinátáit, fényességét és rövid jellemzését tartalmazza, még ma is használható. Különösen gyakran hivatkoznak a kutatók e katalógus fotografikus megfigyelések révén bővített és javított új kiadására, az „Új Általános Katalógusra” (*New General Catalogue — NGC*), amelyet J. L. E. DREYER publikált 1888-ban. A cikk hátralevő részében is e katalógusbeli sorszámmal adjuk meg a tárgyalt égitesteket (amennyiben van nekik ilyen, és amennyiben nem rendelkeznek a még korábban CHARLES MESSIER által összeállított katalógusbeli (M) sorszámmal).

Végezetül még egy korai klasszifikációs kísérletről kell szólnunk, MAX WOLF-éról, aki a Heidelbergi Csillagdában készített felvételek alapján 1908-ban közölt egy osztályozási rendszert. Ebben is keverednek még a galaktikus és extragalaktikus objektumok, bár — a szerző dicséretére legyen mondva — úgy állította össze ködmintáinak sorozatát, hogy arról könnyen elhagyhatók a Tejútrendszerhez tartozó objektumok (1. ábra). Bár Wolf igen sok típust különböztetett meg, jól felismerhető tendencia mutatkozik osztályainak sorozatában: a klasszifikáció a szerkezet nélküli, diffúz alakzatoktól a szálas, illetve spirális szerkezetű rendszerek felé halad.



1. ábra. Wolf dolgozatából származó kép, amely az általa javasolt 23 (latin kisbetűvel jelölt) osztály közül annak a 17-nek a mintapéldányait mutatja, amelyek Tejútrendszerünkön kívüli égitesteket foglalnak magukba. Az elhagyott legfelső sorban planetáris ködök rajzai állottak



## Csillagászati távolságok

A köznyelv nevezi így a hatalmas távolságokat, annak vizsgálata nélkül, hogy csupán a Föld—Hold távolságról, a Csillagászati Egységről, néhány fényévről vagy a legtávolabbi ismert objektumok sok milliárd fényéves távolságáról van-e szó. Pedig e régiók mind külön-külön kezelendők, már csak méréstechnikai okokból is. A cikk korlátozott terjedelmére való tekintettel csupán felsorolhatjuk a legelterjedtebb távolságmeghatározási módszereket, további részleteket az Olvasó a [2] és a [3] műből tudhat meg.

A csillagászati távolságmérés alapja a *földmérés* (obszervatóriumok egymástól mért távolságának ismerete) és a *hosszú bázisvonalú háromszögelés*. E módszer segítségével kb. 300 fényév sugarú gömbben levő objektumok helyét határozhatjuk meg több-kevesebb pontossággal. Az ebben a tartományban szerzett tapasztalataink alapján azután olyan *másodlagos — fotometriai — eljárásokat* dolgozhatunk ki, amelyek két-három lépcsőben lehetővé teszik az extragalaktikus távolságok mérését is (speciális csillagok abszolút fényességének ismeretén alapuló mérési eljárások, szupernóva-parallaxis, gömbhalmaz-parallaxis stb.). Bár nem fotometriai jellegű, de jól használható e munkában a statisztikus parallaxis, és az ionizált hidrogénzónák látszó átmérőjének meghatározásán alapuló távolságmérési eljárás is. Fentiek segítségével sok száz extragalaxis távolságát mérhetjük meg. Az így kapott adatok szolgáltatják a *harmadik lépcső eljárásainak* alapját. Ebben főként a csillagrendszerek átlagos abszolút fényességének, illetve közepes átmérőjének ismeretére támaszkodunk, és megfigyelhető jellemzőik alapján becsüljük meg ezen objektumok valószínű távolságát. Fel kell hívnunk a figyelmet arra, hogy e módszerek már csak *statisztikus alkalmazásuk* esetén (azaz nem egy-egy csillagrendszerre, hanem csak a sok tagot tartalmazó galaxis-halmazokra alkalmazva) adnak kielégítő pontosságú eredményt. Végezetül nem feledkeztünk meg a távolságmérési eljárások talán legbizonytalanabbikáról, az egyes objektumok színképében megfigyelhető *kozmológiai vöröseltolódáson alapuló*ról sem. Ez az eljárás akkor használható, ha az égitest színképében sikerül azonosítanunk néhány színképvonalat, és ha ismerünk egy elfogadható Hubble-állandó értéket. Ez utóbbi elég sokat „változott” az utóbbi évtizedek során, de nagyon valószínűnek látszik, hogy értéke  $50 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  és  $100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  közé esik (egyések szerint 60 és 80 közé) [7]. Tekintve azonban, hogy a ma megfigyelhető legtávolibb objektumok esetében nincs módunk válogatni a lehetőségek között, ezt az eljárást is gyakorta alkalmazzuk.

1979 folyamán csillant meg először a remény, hogy sikerül a kozmológiai modellektől függetlenül is óriási távolságokat mérnünk. A Kitt Peak Obszervatórium egy kutatócsoportja szerint (amelyben két másik

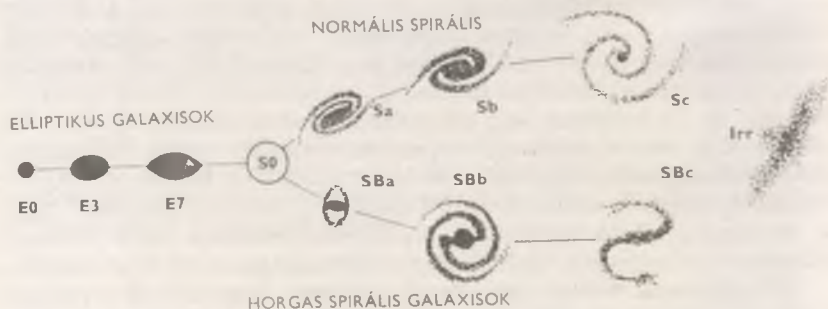


amerikai kutatóintézet tudósai is helyet kaptak) ugyanis igen szoros összefüggés van a spirálgalaxisok 21 cm hullámhosszúságú rádió-színképvonalának „szélessége” és e csillagrendszerek infravörös színképtartománybeli abszolút fényessége között. Így tehát lényegében az objektumok távolságától függetlenül megállapíthatjuk azok abszolút fényességét, és ezt összevetve látszólagos infravörös fényességükkel távolságuk is megadható. Igaz, hogy az új eljárás csupán a nagy gáztartalmú, és korrekt tömeg—fényesség relációval jellemezhető spirálrendszerek esetében alkalmazható, de ezek révén legalább reményünk van arra, hogy sikerül végre egy állandó „Hubble-állandót” kapnunk.

### Az első valódi extragalaktikus osztályozási séma

EDWIN HUBBLE, a Mount Wilson Obszervatórium 254 cm átmérőjű tükörteleszkópjával észlelő amerikai csillagász 1926-ban tette közzé jól ismert, és még ma is gyakorta alkalmazott klasszifikációs rendszerét (2. ábra). Ebben három alaptípust különböztetett meg:

- a belső szerkezetet nem mutató, centrális vidékükön legfényesebb, onnan kifelé folyamatosan halványodó, kör, illetve ellipszis alakúnak látszó *elliptikus galaxisokat* (*E*);
- a jól felismerhető spirálkarokkal rendelkező *spirálrendszereket* (*S*);
- és az ezek egyikéhez sem hasonlítható, szabálytalan alakú, *irreguláris rendszereket* (*I*).



2. ábra. Hubble klasszifikációs rendszere

## Az elliptikus galaxisok

Hogy a felosztás ne legyen ennyire durva, lehetőséget biztosított alosztályokba való sorolásra is. Mivel feltehető, hogy az elliptikusoknak nevezett rendszerek a valóságban forgási ellipszoid alakúak, ebben az osztályban a *lapultság mértékét választotta második paraméternek*. Mivel vizsgálatai alapján úgy találta, hogy a kisebbik tengely még a leglapultabb elliptikus galaxisok esetében sem rövidebb a nagytengely 0,3-szere-sénél, összesen *nyolc alosztályt* definiált, s ezeket 0—7-ig terjedő számokkal különböztette meg (*E0, ... E7*). (Megjegyzendő, hogy e csillagrendszerek esetében előfordulhat, hogy még a nagyon lapult objektumokat is gömbszerűnek (E0-nak) osztályozzuk, hiszen ha forgástengelyük épp felénk mutat, minden bizonnyal kör alakúnak látszanak.)

Egy elliptikus csillagrendszert akkor kell az *Ek* alosztályba sorolnunk, ha kis- és nagytengelyét *K*-val, illetve *N*-nel jelölve fennáll, hogy:

$$k = 10 \cdot \frac{N-K}{N} \quad (\text{egész számra kerekítve!})$$

Megfordítva, ismerve egy elliptikus galaxis Hubble-típusát, kiszámíthatjuk annak (látszólagos!) lapultságát:

$$\frac{K}{N} = 1 - \frac{k}{10}$$

## A spirálgalaxisok

A spirálrendszerek esetében Hubble nem számokkal, hanem betűkkel különböztette meg az alosztályokat. Ezek száma az évek során szépen gyarapodott, hiszen a nagyobb teljesítményű teleszkópok és fotográfiai negatívok olyan részleteket is megmutattak, amelyek korábban nem voltak figyelembe vehetők. Az alapelv azonban változatlan maradt. Eszerint elsősorban az a döntő, hogy a *galaxisra tekintve milyennek találjuk a mag és a spirálkarok fényesség- és méretviszonyait, illetve, hogy a karok mennyire záródnak a mag körül, vagy épp ellenkezőleg, mennyire nyíltak szét*. E jellegzetességek alapján

- *a* jelzésűek a nagy maggal bíró, halvány, körbefutó karú galaxisok;
- *b* jelűek a közepes fényességű magot tartalmazó, felnyíló rendszerek, és
- *c* jelűek a jelentéktelen magú, de hatalmas spirálkarokat kitérő extragalaxisok.

## *Rendes és küllős spirálisok*

Hubble tapasztalatai szerint a spirálkarok geometriai struktúrája két, egymástól élesen elhatárolható forma egyikét vagy másikat követi. Vannak olyanok, amelyeknek magjából érintő irányban, simán indulnak ki a karok (ez a korábban normális spirálnak nevezett és *S*-sel jelölt változat, amelyet ma *rendes spirálnak* hívnak és *SA*-val jelölnek), és vannak olyanok is, amelyeknek karjai a magot sugárirányban hagyják el, majd attól jól kivehető távolságban szinte derékszögben megtörve folytatódnak. Ez utóbbiak (az *SB* jelű *küllős vagy horgas spirálok*) gyakran egy zárt gyűrűvel is rendelkeznek. Ez a gyűrű a mag mint középpont körül helyezkedik el, és egy átlója mentén küllőszerű alakzat (a karok első szakasza) köti össze két oldalát. Figyelemreméltó, hogy a küllős spirálok-nak mindig két jól kivehető karjuk van, míg a rendes spirálok esetleg páratlan számú vagy nehezen megszámlálható mennyiségű kart is tartalmazhatnak. Összefoglalva: a spirálgalaxisok Hubble-féle típusai *Sa*, *Sb*, *Sc* és *SBa*, *SBb*, *SBc*.

## *Lentikuláris és Sd galaxisok*

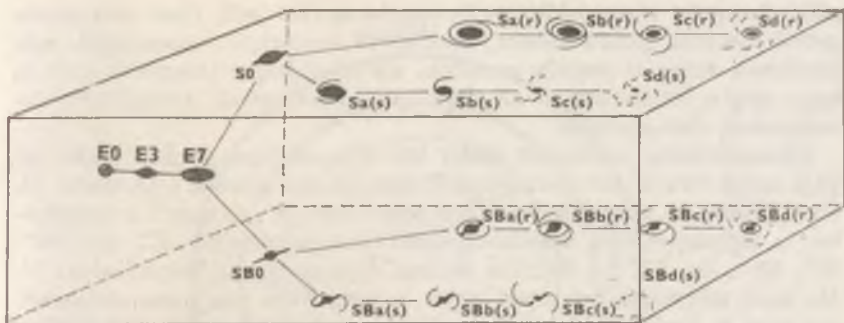
A későbbiekben szükségessé vált további két osztály bevezetése. Ezek közül az *S0* jelű, *lencseszerűnek* vagy *lentikulárisnak* nevezett csoportba tartoznak azok a rendkívül lapult, korong alakú rendszerek, amelyeknek jól kivehető, fényes magjuk van, de amelyeknek korongja egyenletes felületi fényességű, nem tartalmaz spirálkarokat. Ezt a típust az elliptikus és a spirálrendszerek közti átmenetnek tekintik.

A másik újonnan bevezetett típus az (*Sd* jelű) igen laza szerkezetű, rendkívül jelentéktelen magú, és nehezen követhető spirálkarokkal rendelkező spirálgalaxisok osztálya. Ez a típus szinte az irreguláris (*I* vagy *Irr*) rendszerek „előfutára”.

## *Az osztályozás további finomításai*

Hubble itt tárgyalt rendszerét később többször is „felújították”, általában úgy, hogy újabb alosztályok elhelyezését tették lehetővé. E bővítések alapelve, hogy az egyes osztályok között (pl. az *S0* és az *Sa* között) számos átmeneti forma létezhet és létezik is. Ezeket *-*jellel vagy felső indexszel (*—*, *0*, *+*), esetleg kettős alosztályjellel különböztetik meg egymástól (példánkban: *S0*, *S0/a*, *Sa*; vagy *S0<sup>0</sup>*, *S0<sup>+</sup>*, *Sa<sup>-</sup>*, *Sa<sup>0</sup>*; illetve *Sab*).

Az égbolt e távoli és halvány objektumainak rendszeressé váló fényképezése oda vezetett, hogy már az egyes alosztályokba is óriási mennyiségű galaxis került. Így ismét lehetővé — és egyszersmind szükségessé



3. ábra. A Hubble-féle rendszer finomítása. A téglatest felső lapján a rendes, alsó lapján a küllős spirálgalaxisok láthatók. Az *s*-alakúak helyezkednek el az elülső, míg a gyűrű formájúak a hátsó élek mentén. A kettős „hangvillához” balról csatlakoznak a különféle elliptikus galaxisok

is — vált a rendszer újabb finomítása. Különösen nagy szerepet játszottak e munkában az amerikai obszervatóriumok kutatói, akik szinte négy-öt évenként újabb és újabb javaslatokkal álltak elő.

### A térbeli klasszifikációs sémák

Felismerve azt, hogy a spirálrendszerekben a karok formája a korábban már figyelembe vett rendes és horgas változaton (*SA* és *SB*) belül további két, egymástól lényegesen különböző alakot ölthet, bevezették a gyűrűhöz hasonló (ring-shaped: *r*) és az *s*-alakú (s-shaped: *s*) spirálgalaxisok megkülönböztetését. Így az alábbi alosztályokat kapták:

$SA(r), SB(r), Sc(r), Sd(r), SBa(r), SBb(r), SBc(r), SBd(r),$   
 $SA(s), Sb(s), Sc(s), Sd(s), SBa(s), SBb(s), SBc(s), SBd(s).$

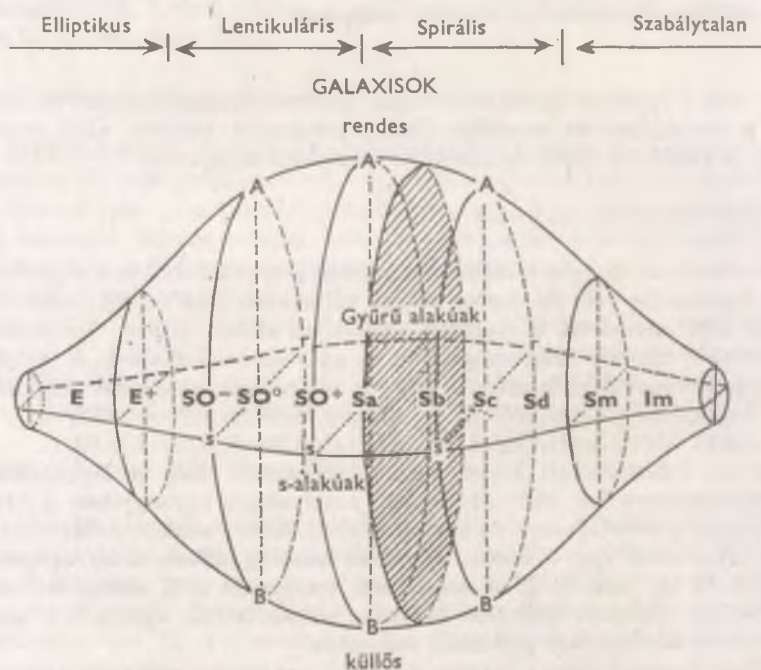
Az itt felsoroltakon kívül megkülönböztették még a lentikuláris csillagrendszerek két válfaját, azokét, amelyeknek korongjában a felületi fényesség eloszlása teljesen egyenletes (*S0*), illetve azokét, amelyekben már felismerhető egy, a korong átlójában húzódó, küllőszerű kifényesedés (*SB0*). Az így kapott 18 alcsoporthoz, amelyeket a 3. ábrán látható módon egy téglatest felszínére helyezve szemléltettek, egyszerűen hozzákötötték az elliptikus galaxisok sorozatát.

Persze hamar kiderült, hogy a kérdés nincs igazán megoldva, hiszen az imént definiált alosztályok között is lehetnek átmeneti formák. Hogy például az igazán gyűrű formájú (*r*) és az *s*-alakú spirálok (*s*) között is el lehessen helyezni galaxisokat, GÉRARD de VAUCOULEURS 1959-ben az alábbiak szerint általánosított: az *r* és az *s* galaxisok kö-

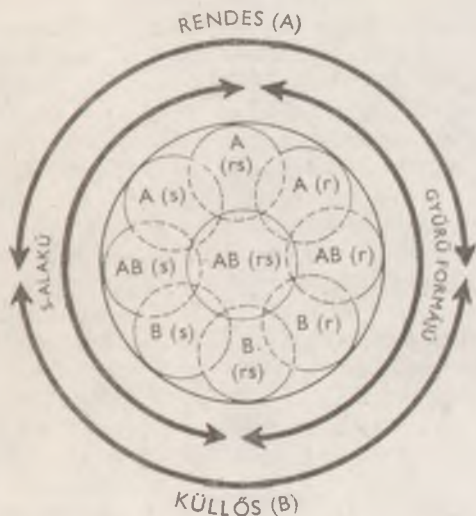


zötti átmeneti típus jelölésére bevezette az (rs) jelű (sem nem igazán gyűrű- sem nem igazán s-alakú) rendszerek csoportját valamennyi, már korábban definiált osztály esetében, sőt lehetőséget teremtett arra is, hogy még a lencseszerű és az elliptikus rendszereknél is megkülönböztethessünk alcsoportokat.

Klasszifikációs rendszerét előbb két dimenzióban ábrázolta (ld. pl. [2]), majd valódi „háromdimenziós” osztályozási sémává fejlesztette (4. ábra). Ennek a tömzsi szivar vagy orsó formájú „testnek” a tengelyében a legkönnyebben meghatározható főcsoportok (E0—E7, E<sup>+</sup>, S0<sup>+</sup>, S0<sup>0</sup>, S0<sup>+</sup>, Sa, Sb, Sc, Sd, Sm és Im) reprezentánsai helyezkednek el. Ha most megvizsgáljuk e test egyik, a tengelyére merőleges metszetét, akkor az 5. ábrán vázolthoz hasonló kép tárul elénk: a kör alsó felében



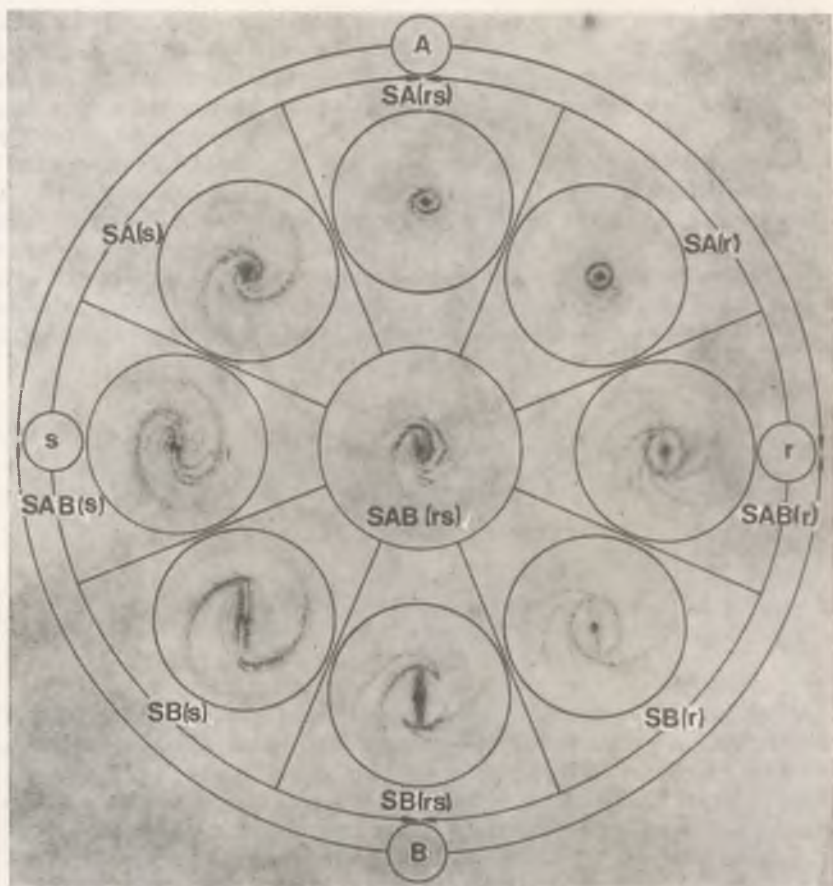
4. ábra. de Vaucouleurs háromdimenziós klasszifikációs rendszere. A satírozott sík mentén elhelyezkedő galaxistípusok a 6. ábrán láthatóak. (Ebben Im jelöli a szabálytalan galaxisokat, míg Sm az Sd és a szabálytalan közti átmeneti típust)



5. ábra. A de Vaucouleurs-féle osztályozás „keresztmetszete”

találjuk a küllős, a felsőben pedig a rendes spirálokat, míg az s-alakúak a bal oldali, a gyűrű formájúak pedig a jobb oldali félkörbe kerülnek. Az ábra vízszintes átlója közelében (általában) a rendes és a küllős spirálok közötti átmeneti (*SAB*) típus képviselői, míg függőleges átlója mentén a korábban említett *rs* típus reprezentánsai kaptak helyet. A körök középpontja a mindenkor legátmenetibb típusokat — pl. *SABb(rs)* — tartalmazza. Hogy e típusok hogyan nézhetnek ki a valóságban, azt a 6. ábra segítségével képzelhetjük el, amely a *b* (pontosabban *SAb* és *SBb*) típusú spirálgalaxisok alrendszerének klasszifikációs körét mutatja be, de Vaucouleurs osztályozási rendszerének közepe tájáról.

Végül, hogy olyan csillagrendszereket is meg tudjanak különböztetni az osztálybasorolás alkalmával, mint amilyen például az NGC 4736 katalógusszáma, amelyet egy külső gyűrű övez, a fentebb ismertetett csoportok további finomítására bevezették az eddigi jelölés elé írandó *R* betűt (*R* = ring). Így a fenti rendes, gyűrű formájú, átmeneti (*ab*) spirálgalaxis klasszifikációja *(R)SAab(r)* lett. Hasonlóképp az NGC 2859 katalógusszáma küllős, gyűrű formájú, lentikuláris galaxis jelölése: *(R)SB0+(r)*.



6. ábra. A b típusú spirálgalaxisok alrendszerének klasszifikációs köre. Ez a kör az, amelyet a 4. ábrán satírozással jelöltünk

### A csillagrendszerek luminozitási osztályai

Az extragalaktikus objektumok esetében a csillagászok sokkal hamarabb rájöttek, hogy azok különböző abszolút fényességűek, mint a csillagok esetében, amelyekről sokáig azt tartották, hogy valamennyiük éppoly fényes, mint a Nap. Bár az extragalaxisoknál az átlagfényességtől való

maximális eltérés — magnitúdóban kifejezve — valószínűleg csak a felét teszi ki annak, ami a csillagoknál tapasztalható, mégis szükség van ezen objektumok luminozitási osztályainak megkülönböztetésére, hiszen a csillagrendszerek távolságát sokszor látszó fényességük mérése és annak a vélt abszolút fényességgel való összevetése révén kívánjuk megállapítani. SIDNEY VAN DEN BERGH volt az, aki a Palomar-atlasz (NGS—POSS) fotónegatívjait vizsgálva észrevette, hogy a *spirál-galaxisok fényessége és alakja között jól felismerhető kapcsolat van*. Ez úgy tűnik ki a képekről, hogy számos olyan távoli galaxishalmaz is van a fotókon, amelyekben rengeteg spirálrendszer található. E halmazok tagjainak egymástól mért távolsága szinte elhanyagolható a halmaz tőlünk mért távolságához képest, s így a fotókról leolvasható látszólagos fényességarányok a valóságban igen nagy valószínűséggel adják meg e rendszerek abszolút fényességének vagy luminozitásának arányát.

Van den Bergh például kimutatta, hogy azok a *spirálgalaxisok, amelyek hosszú, jól fejlett karokkal rendelkeznek, szisztematikusan fényesebbek azoknál, amelyeknek alig kivehető vagy csak gyengén fejlett spirálkarjaik vannak*. Az Sb főosztály galaxisait például — pusztán kinézésük alapján — öt olyan fényességosztályba (I, I—II, II, II—III és III) tudta rendezni, amelyekről a későbbi mérések kiderítették, hogy egymáshoz képest kb.  $0,^m5$  abszolút fényesség eltérést mutatnak. Az Sc típusú és a szabálytalan csillagrendszerek esetében összesen nyolc luminozitási csoportot (I, I—II, II, II—III, III, III—IV, IV és IV—V) tudott megkülönböztetni (1. táblázat). Megjegyzendő, hogy az amerikai csillagász  $100 \text{ km s}^{-1}$  Hubble-állandóval számolt, amikor a táblázatban szereplő értékeket meghatározta. Amennyiben a későbbiekben ettől határozottan eltérő (bizonyára kisebb) H értékben egyeznek meg a kutatók, a fenti adatokat is át kell számítani.

1. táblázat

A van den Bergh-féle galaxisosztályok  
fotografikus abszolút fényessége

Sb típus		Sc és szabálytalan típus	
jelölés	$M_{pg}$	jelölés	$M_{pg}$
SbI	—20,4	ScI	—20,0
SbI—II	—19,9	ScI—II	—19,7
SbII	—19,4	ScII, IrrII	—19,4
SbII—III	—18,6	ScII—III, IrrII—III	—18,9
SbIII	—18,0	ScIII, IrrIII	—18,3
		ScIII—IV, IrrIII—IV	—18,0( ? )
		ScIV, IrrIV	—17,3( ? )
		ScIV—V, IrrIV—V	—16,1( ? )



## Az extragalaxisok színképi osztályozása

F. SEARES már 1916-ban (amikor még nem volt biztos, hogy melyek azok a „ködök”, amelyek a Tejútrendszerhez tartoznak, és melyek az azon kívüli, önálló égitestek) észrevette, hogy a *spirálrendszerek magja és centrális vidéke szisztematikusan sárgább, vörösebb, mint a spirálkarok*. (Az Olvasó például az ajánlott olvasmányok között [4] alatt szereplő könyvben közölt színes fotók alapján győződhet meg erről.) A Mount Wilson és a Lick Obszervatóriumban lefolytatott részletes színképanalízis során — amelynek fő célja a csillagrendszerek színképében megfigyelhető vöröseltolódás mértékének megállapítása volt — olyan mennyiségű és minőségű adatot nyertek, amelyek alapján MILTON HUMASON ennél sokkal többet is kimondhatott. Megállapította ugyanis, hogy *a csillagrendszerek átlagos színképtípusa a Hubble-féle morfológiai osztályokkal párhuzamosan változik*.

Az évtizedek során összegyűlt információk birtokában az ötvenes évek végén W. W. MORGAN készített egy olyan galaxisosztályozási rendszert, amely — bár morfológiai kritériumokon alapult — a vizsgált objektumok alakján kívül számot tudott adni azok magjának uralkodó színárnyalatáról és az objektumoknak látóirányunkhoz képest elfoglalt helyzetéről is (ez utóbbi kissé hasonló ahhoz, amit a Hubble-rendszer az elliptikus galaxisok esetében ugyancsak magába foglal).

A Morgan-séma úgynevezett főparaméterét az extragalaktikus objektumok centrális vidékének fényességviszonyai alapján állapítják meg. Így például a-val jelölik a szabálytalan galaxisokat és a rendkívül halvány maggal rendelkező spirálokat. A mag fényességének és a rendszeren belüli súlyának növekedésével együtt az alábbi specifikációt alkalmazzák: af, f, fg, g, gk és k. Az utóbbi csoportba már csak azok a galaxisok sorolhatók be, amelyeknek fénye majdnem kizárólag magjukból ered.

Könnyen észrevehető, hogy a jelölésben a csillagok színképosztályozatának megfelelő betűk (O, B, A, F, G, K, és M) egy részét alkalmazta Morgan. Ennek az a magyarázata, hogy a fenti felosztásban valóban a B, az A és az F típusú csillagoktól származik az a, af és az f osztályba tartozó galaxisok fényének túlnyomó része. Ezzel szemben a k típus tagjainak fényét a K színképtípusú óriáscsillagok adják (pl. M31). Azt sem nehéz megérteni, miért nincs szükség O, B és M, azaz „o”, „b” és „m” típusú csillagrendszerek megkülönböztetésére. Tekintettel ugyanis arra, hogy az extragalaxisok mindig óriási számú csillagot tartalmaznak — amelyek között számos színképtípus képviselői fellelhetők — ezen objektumok integrált színképében már csak az átlagos csillagspektrum érvényesül. Így a színképsorozat két vége természetesen „levágódik”. Az, hogy a sorozat elejéről miért esik ki két tag, azzal magyarázható, hogy mind a B, különösen pedig az O színképtípusú

csillagok rendkívül ritkák, ezért hiába fényesebbek százszor vagy akár ezerszer a későbbi típusúaknál, ezek népes tömegének halványabb csillagása elnyomja fényüket — hiszen tudjuk: sok lúd disznót győz.

A *Morgan-féle osztályozásban szereplő második paraméter a rendszerek alakjára utal*. Ez általában a Hubble-féle típusból származtatható, bár vannak különleges formára utaló jelzések is. Ebben a felosztásban a rendes (*S*, illetve *SA*) spirálokat *S*, a küllősoket (*SB*) *B* jelöli. Az elliptikus rendszerek esetében megmaradt az *E*, a szabálytalan galaxisokéban pedig az *I* betű. A Morgan által megkülönböztetett új formák:

- elliptikus rendszerek jól kivehető abszorpciós (fényelnyelő) tartományokkal (*E<sub>p</sub>*);
- olyan forgásszimmetrikus extragalaxisok, amelyek sem nem elliptikusak, sem nem spirál alakúak (*D*);
- igen alacsony felületi fényességű galaxisok (*L*);
- olyan, rendkívül halvány galaxisok, amelyeknek feltűnően fényes magjuk van (*N*);

Megjegyzendő, hogy a korábban ismertetett főparaméterek megállapítása a *D* és *L* típusokra csak úgy lehetséges, ha részletes színképi és fotometriai vizsgálatoknak vetik alá az illető galaxisokat.

Végül *Morgan* harmadik paraméterként bevezette a galaxisok és Tejútrendszerünk relatív helyzetére jellemző „inklinációs osztályokat”. Ennek szükségessége is könnyen belátható, hiszen számos olyan galaxis van, amelyre tíz-husz fokkal „alacsonyabbról” vagy „magasabbról” rátekintve a csillagrendszer egészen más alakúnak és nehezen klasszifikálhatónak tűnik. Tekintve, hogy sem az extragalaktikus objektumok sajátmozgásának, sem a földi megfigyelők összetett mozgásának (bolygónk forgása, keringése a Nap körül, a Naprendszer mozgása, a Galaxis vándorlása) eredményeként nem kell attól tartanunk, hogy az elkövetkező évezredekben megváltozna a távoli csillagrendszerek orientációja, így ez a paraméter még hosszú ideig használható lesz, és valóban segítheti a vizsgálatokat folytató csillagászok munkáját. A Morgan által választott jelölés ezekre az inklinációs osztályokra **1, 2, ... 7**, ahhoz hasonlóan, mint a Hubble-féle sémában az elliptikus rendszerek megkülönböztetésére bevezetett alosztályoké. Morgan elhagyta a **0** jelű osztályt, mert szerinte ez könnyen összetéveszthető az *SO* jelölésben szereplő nullával. Bizonyos esetekben azonban hiányzik a galaxisok jellemzőiből ez az utolsó paraméter, hiszen meghatározása sokszor nagy nehézségekbe ütközik, illetve esetleg lehetetlen is (szabálytalan galaxisok, túlságosan kis felületi fényességű csillagrendszerek, egyes küllőspirálok).

Mindezek az osztályozási rendszerek azonban csak akkor érnek valamit, ha vannak olyan katalógusok, amelyekben az extragalaktikus objektumok sorszáma és koordinátái mellett e morfológiai típusaikat is

megtalálhatjuk. (Ahogy ugyanis az angolok mondják, a puding próbája az, ha megeszik.) Lássuk hát, hogyan jellemezhető néhány jól fényképezhető extragalaxis a fentebb bemutatott klasszifikációs sémák paramétereivel!

2. táblázat

32 extragalaxis klasszifikációja különböző szerzők nyomán

NGC-sorszám	Hubble	Holmberg	de Vaucouleurs	van den Bergh	Morgan
5273	SO, Sa(s)	—	SA(s)0°	El(p ?)	gkD2
1302	Sa	—	(R)SB(r)o/a	S(B)a	kB1
2811	Sa	—	SB(rs)a	Sb+II—III	—
3898	Sa	—	SA(s)ab	Sb-II	kD5—kS5
2841	Sb	Sb-	SA(r):b	Sb-I	kS5
488	Sb	Sb-	SA(r)b	Sb-I	kS2
5055	Sb	Sb+	SA(rs)bc	Sb+II	gS4
628	Sc	Sc-	SA(s)c	ScI	fgS1
5457	Sc	Sc-	SAB(rs)cd	ScI	fS1
3810	Sc	Sc-	SA(rs)c	ScI	fS3
6643	Sc	Sc-	SA(rs)c	ScI—II	—
5204	Sc/Irr	Sc+	SA(s)m	Ir+IV	fI—fS4
4579	Sb/SBb	Sb-	SAB(rs)b	Sbn	gkS3—gkB
3504	SBb(s)/Sb	—	SAB(s)ab	Sb(t ?)	fgB1 ?
6951	SBb(s)/Sb	Sb+	SAB(rs)bc	SbpI—II	f:S1p— f:BpN
5236	Sc/SBb	—	SAB(s)c	—	fgS1
4088	SBc/Sc	Sc-	SAB(s)bc	ScI—II	a:B:4
925	Sc/SBc	Sc+	SAB(s)d	S(B)cII— III	afB
7743	SBa(s)	—	(R ?)SB(s)0+	Sa ?	gkB1
3185	SBa(s)	Sa	(R)SB(r)a	S(B)b+III	fB
1300	SBb(s)	Sb+	SB(rs)bc	SBbI	fB2
7741	SBc(s)	Sc+	SB(s)cd	SBcII	afB
4643	SB0, SBa(r)	—	SB(rs)0/a	SBa	kB
1398	SBb(r)	—	(R)SB(r)ab	S(B)b-I	kB2
2523	SBb(r)	—	SB(r)bc	SBb-I	fgB
1073	SBc(sr)	Sc+	SB(rs)c	S(B)cII	afB1
4395	Sc/Irr	Sc+	Sa(s):m	S+IV—V	aS1
SMC	Irr	—	IB(s)mp	III—IV	—
LMC	Irr	—	SB(s)m	IrIV—V	—
Hol II	Irr	IrI	Im	IrIV—V	—
2366	Irr	IrI	dIB(s)m	IrIV—V	aL ?
IC 2574	Irr	IrI	SAB(s)m	IrIV—V	—

(SMC = Kis Magellán Felhő, LMC = Nagy Magellán Felhő)



## A galaxispárok problémája

Az extragalaktikus vizsgálatok kiszélesedésével együtt járt a *galaxispárok, hármas és többes rendszerek, galaxiscsoportok és galaxishalmazok* felfedezése. Köztudott, hogy Tejútrendszerünk csillagai közt is többségben vannak az olyanok, amelyek nem egyedül végzik keringésüket a Galaxis gravitációs terében, hanem egy vagy több társukkal. Az ilyen csillagpárok, csoportok tagjai — miközben e keringésben éppúgy részt vesznek, mint a Tejút bármely más csillaga — ezen túlmenően kis rendszerük tömegközéppontja körül is keringenek. Általában éppen ez árulkodik összetartozásukról. Alkalmanként az is előfordul, hogy a kettős két komponense olyan közel jár egymáshoz, hogy a két csillag között anyagáramlások is kialakulhatnak. Miért mondtuk el mindezt? Azért, hogy belássuk, egyáltalán nem ritka, különös dolog az az Univerzumban, hogy az égitestek csoportokba verődnek.

Az extragalaktikus objektumok esetében — éppúgy, mint a csillagokéban — *a tagok mozgásállapota és a közöttük esetleg kivehető anyagi kapcsolat révén állapítható meg az összetartozás.* E kettős csillagrendszerek talán már unalomig emlegetett mintapéldánya a Vadászebek csillagképben látható M 51, amelyről még a múlt század derekán sikerült megállapítania LORD ROSSE-nak, hogy spirálrendszer. Az ilyen, de főként az ennél bonyolultabb alakú és kapcsolatú galaxispárok és csoportocskák már elég nehezen, és csak bizonyos kompromisszumok árán sorolhatók be az eddig ismertetett sémák osztályainak egyikébe, másikába. A nagy felbontóképességű távcsövek rendszeres használata révén — de főleg a Palomar-atlasz megjelenése után — annyi ilyen különös égitestről szereztek tudomást a csillagászok, hogy szükségessé vált ezek osztályozási rendszerének megalkotása is.

Az ötvenes évek végén adták ki a Szovjetunióban azt a galaxiskatalógust (*Morfológicseszkij Katalog*), amelyben az alkotók (VORONCOV-VELJAMNOV, ARHIZOVA és KRASZNOGORSZKAJA) által „kölcönhatónak”, kölcsönhatásban állónak nevezett extragalaktikus objektumok adatait tüntették fel. Osztályozásuk alapja az égitesteknek a Palomar-atlasz lapjain látható képe. Klasszifikációs sémájukat katalógusuk első kötetében ismertetik részletesen, ahol közlik is azokat a sematikus rajzokat, amelyek az osztályozási munka vezérfonalául szolgálnak (ld. például [2]). Bár az általában Voroncov-Veljaminov-féle rendszerként említett osztályozás az összes, —30°-nál nagyobb deklinációjú és legalább 15<sup>m</sup> látszólagos fényességű kölcsönható csillagrendszerre megszületett — katalógusuk 29 000 objektumot tartalmaz —, mégsem vált a csillagászok mindennapi munkáját valóban segítő eszközzé. Ennek oka főképpen abban keresendő, hogy a szovjet kutatók visszatértek a Herschel —Wolf vonalhoz. Olyan rendszert konstruáltak, amelyben a sorozatba



rendezhetőség szinte kizárt. A rengeteg, egymástól szinte teljesen független osztály megnevezíti mind az égitestek besorolását, mind a katalogizált adatok értelmezését, mind az így nyert információk elméleti hasznosítását. Amint azt Voroncov-Veljaminov maga is megjegyzi, klasszifikációs rendszerük sokban éppen azt tükrözi, hogy milyen látványt nyújtottak számukra a híres csillagatlaszban látható galaxisfotók. Ezzel ő maga is elismerte, hogy munkájuk eredménye a kelletténél erősebben függ egyetlen távcső teljesítőképességének korlátaíól.

### Néhány különleges extragalaktikus objektum osztályozásának problémája

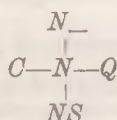
Még a negyvenes években figyelt fel CARL SEYFERT arra, hogy vannak olyan, fantasztikusan *fényes maggal bíró csillagrendszerek* is az égen, amelyekről csak a legnagyobb nehézségek árán készíthetők további részleteket is mutató felvételek. Sikerült megállapítania, hogy *e galaxisok általában rendkívül halvány galaktikus koronggal, és ez utóbbiban alig kivehető spirálkarokkal is rendelkeznek*. Cikke e témáról 1943-ban jelent meg, de több mint egy évtizedig alig inspirált további kutatásokra bárkit is. A modern csillagászati megfigyelő módszerek elterjedése után azonban ismét érdekessé váltak ezek az objektumok, és hamar kiderítették róluk, hogy nem igazán illenek be a spirálgalaxisok Hubble-féle rendszerébe. Jól ismert képviselőik körül — amilyen például az NGC 1068, NGC 4051 és az NGC 4151 — sejthetők ugyan a spirálkarok, ezek azonban nehezen követhetők, és a szokásos karokkal ellentétben kívül is gyűrűvé záródnak. (Részletesebben ld. [8]-ban.) Az időközben felfedezett (és egyre biztosabban extragalaktikus objektumoknak mutatózó) kvazárokkal és a Morgan által már klasszifikált *N*-galaxisokkal együtt alkotnak lineáris sorozatot a felfedezőjükről elnevezett *Seyfert-galaxisok*.

Osztályozási rendszerük megszerkesztését sokáig hátráltatta, hogy a kutatók a rádiócsillagászati mérésektől várták a döntő paraméterek megszerzését. Ezek az égitestek ugyanis a szokásosnál erősebb rádiósugárzást bocsátanak ki, és egy ideig úgy nézett ki, hogy ez lehet egyik legfőbb jellemzőjük. Amikor aztán elszaporodtak a rádióteleszkópok bolygónkon, a kutatók egyre több időt szentelhettek ezen objektumoknak is. Méréseik során — a hatvanas években — világossá vált, hogy *a fenti kozmikus hullámforrásokra is sokkal jellemzőbb optikai sugárzásuk irányeloszlása és frekvenciaspektruma, mint rádiósugárzásuké*. Így azután a csillagászok hamarosan elfogadták, hogy a csillagszerű rádióforrásokat (kvazárokat) *csillagszerű objektumok* néven a nem vagy csak igen gyenge

rádiósugárzó csillagszerű forrásokkal (jelük rendre: *QSR*, *QSO*, *QSS*) együtt említsék.

A részletes elemzés megmutatta, hogy a kvazárok (rádiósugárzást nem emittáló testvéreikkel együtt) jól beleillenek abba a sorozatba, amely a kompakt (tömör) galaxisoktól kiindulva az *N* típusú galaxisok irányába húzódik. E sorozat legextrémebb képviselői a csillagszerű (*Q*) objektumok, amelyek körül a legnagyobb nehézségek árán sem láthatók kiterjedt optikai forrás nyomai. A kompakt (*C*) galaxisok kis méretű, igen nagy felületi fényességű égitestek, amelyek nyoma már közepes távcsövekkel felvett képeken is nagyobb kiterjedésű, mint a csillagok képei. E *C* típus objektumainak még nem ismerhető fel a belső szerkezete. Színük minden esetben kék.

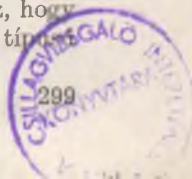
A teljes klasszifikációs sorozatot végül úgy kapjuk meg, hogy az *N* típusú rendszerekhez még két alrendszerrel csatolunk, az *N<sub>1</sub>*-jelűt (a gyengén fejlett *N* galaxisok osztályát) és az *NS* jelűt — ez utóbbiba azok az *N* galaxisok kerülnek, amelyeknek halvány „udvarában” már spirálkarokat is fel lehet fedezni. E különös fényességeloszlást mutató égitestek tehát az alábbi osztályokba kerülhetnek:



Megjegyzendő, hogy a korábban említett Seyfert-galaxisok nem maradtak ki osztályozásunkból, csupán „belekeveredtek” ezekbe a csoportokba. A kutatók ugyanis megállapították, hogy mind az *N*, mind az *NS*, mind pedig a *C* galaxisok között megtalálhatjuk képviselőiket. Ha formájuk, kinézésük alapján klasszifikáljuk őket, akkor a fenti sémát kell követnünk, ha azonban színképi jellemzőiket vizsgáljuk, továbbra is helyénvaló külön osztályként emlegetni ezeket.

### Leolvasható-e az osztályozási sémákról a galaxisok fejlődési útja?

A XX. század csillagászatának egyik legfontosabb — előre bocsátjuk, hogy még megoldatlan — kérdése az, amelyik a galaxisok kialakulásának körülményeire kíván választ kapni. Amikor Hubble megszerkesztette híres „hangvilla”-sémáját, sokan hajlottak annak feltételezésére, hogy ez az ábra a galaxisok lehetséges életútjait is bemutatja. Bár igaz, hogy maga az alkotó is „korainak” nevezte az *Sa* és „későinek” az *Sc* típusú galaxisokat.



spirálokat, de nem fogadta el ezen osztályok egymásba való átfejlődésének lehetőségét (ezt hirdette ugyanis JAMES JEANS). Hubble szerint legfőbb az elképzelhető, hogy a villa alsó szárán levő küllős rendszerekből idővel rendes spirálok keletkeznek.

Ahogy körvonalazódtak a csillagfejlődési elméletek, egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy ott keletkeznek új csillagok, ahol sok a gáz és por állapotú interstelláris anyag. Tekintve, hogy ebben főként a szabálytalan és a spirálrendszerek bővelkednek, az a felfogás kapott lábra, hogy a fejlődés iránya épp a Jeans által feltételezettellentétes. E hipotézis hívei szerint a fiatal galaxisok irreguláris vagy Sc típusú rendszerekként alakulnak ki, majd fokozatosan csillagokká alakul teljes gáz- és portartalmmal, s végül elliptikus galaxisokként fejezik be életüket. Az utóbbi két évtized kutatási eredményei alapján mindkét (vagy akár mindhárom?) fejlődési vonalat el kell vetnünk, hiszen a legfrissebb vizsgálatok arra utalnak, hogy a csillagrendszerek alakját kialakulásuk kezdeti feltételei határozzák meg. Mivel azonban csak igen hézagosan ismerjük ezeket (különösen ami a rendes és a küllős spirálok különbségét eredményezi), jelen pillanatban csupán annyit mondhatunk, hogy tovább kell folytatnunk e különös égitestek minden részletre kiterjedő analizisét.

#### Ajánlott olvasmányok jegyzéke

- [1] Ch. A. Whitney: A Tejútrendszer felfedezése (Gondolat, 1978.)
- [2] Balázs Béla: Extragalaktikus csillagrendszerek (Csillagászati Évkönyv 1968, 243. old. Gondolat, 1968.)
- [3] Szécsényi-Nagy Gábor: Elképzeléseink a Tejútrendszer szerkezetéről (Természet Világa 1973. 9. sz.)
- [4] Szécsényi-Nagy Gábor: Túl a Tejútrendszer határain (Gondolat, 1976.)
- [5] A. Sandage, M. Sandage, J. Kristian: Galaxies and the Universe (The University of Chicago Press, 1975.)
- [6] D. E. Evans (ed.): External Galaxies and Quasi-stellar Objects (D. Reidel Publishing Company 1972.)
- [7] Balázs Béla—Paál György: A kozmológiai vöröseltolódásról (Csillagászati Évkönyv 1976, 231. old. Gondolat 1976.)
- [8] Balázs Béla: Aktív szakaszok a galaxisok életében (Csillagászati Évkönyv 1977, 202. old. Gondolat 1977.)

## CSILLAGÁSZAT ÉS VILÁGNÉZET

A tudomány szemmel láthatóan története legnagyobb fordulatát éli. Az ismeretek mennyiségének növekedése minőségi változásokkal jár együtt, magában a tudományban és termeléssel való kapcsolatában egyaránt. A tudomány közvetlen termelőerővé válik, és ettől új lendületet kapva minden eddiginél keményebb rohamra indul az ismeretlen ellen. E megújulás gyökere a történelem legnagyobb, éppen korunkban zajló forradalma, amelynek során megszűnnek az osztálytársadalmak. A tudomány pillanatnyilag nehezen áttekinthető hadszíntér. Folyik a verseny sokfelől ugyanazokért a fegyverekért, technikákért, technológiákért; folyik pénzért, életért és pusztításért. Küzdenek egyszerű emberek, tudósok, politikusok, katonák, klikkek, titkosszolgálatok, vallások, pártok, népek, országok, politikai tömbök — *de a harc lényegében a társadalmi osztályok között folyik.* Küzdenek a tudomány, a tudósok és az eszközök birtoklásáért, a tudomány fejlesztése mellett és ellene. Mindeme harcok közepette a tudomány először is a munkáosztályé lesz, majd köztulajdonná és egységessé válik — egy új kor kezdetére.

Ezek után nyilvánvaló, hogy a szaktudományok világnézeti problémái nem merülnek ki fogalmi zavarokban, interpretációs vagy ismeretelméleti nehézségekben. Mindezek ugyan fontos kérdések, de *a tudomány világnézeti problémáinak súlyponti része a tudomány és a társadalom viszonyával függ össze.* Bár bennünket most konkrétan a csillagászat és a világnézet viszonya érdekel, néhány fogalmat általánosabban is meg kell közelítenünk.

### A „világkép”

A „világkép” objektív világunkat (szerkezetét, felépítését) „egészben” tükrözi. Formailag globális és abszolút: egyetemes és súlyos állítások együttese. Tartalmilag viszont tükörkép, igazságok szövedéke. Így történelmileg meghatározott: ismereteink bővülésével szükségképpen — és gyakran gyökeresen — átértékelődik. Ez a csillagászatban kiváltképp



szembeötlő, minthogy a csillagászati világképek referenciájuk állandóságához képest sűrűn váltogatják egymást.

A világkép természetesen tükrözi a szemlélő (megalkotói) attitűdjét is. Hozzárendelhető személyekhez, csoportokhoz, korokhoz és kultúrákhoz; más, a tudományon kívüli tudatformák (művészet, vallás stb.) alapján is lehet világképet alkotni. A „*természettudományos világkép*” névvel tulajdonképpen a természettudomány korszerű állását szokás illetni. Általában a korszerű természettudomány „lényeges” elemei, fontosnak látszó ismeretek, a köztük levő összefüggések, esetleg egyedi, de megrázó erejű tapasztalatok fonódnak össze a természettudományos világképben. E kép nem egységes; a tudományos megismerés — minden törekvése ellenére — nem tudott eljutni a világ szigorúan véve egységes képéhez, ellenben azt az általános eredményt nyerte, hogy szigorúan egységes *világképünk* nem is lesz soha. (Például: a biológia ismeretei nem hangszerelhetők a mechanika zenekarára. Bár az életről azt szokás mondani, hogy kvantumjelenség, mégis nyilvánvaló, hogy a kvantummechanika tudománya nem adekvát például a pszichológia jelenségeinek vizsgálatában. Vagy: a relativitáselmélet téridőfogalma mit sem ér a társadalmi folyamatok áttekintésében.) Egyszóval az a tapasztalatunk, hogy *a világot minőségileg különböző mozgásformák, anyagfajták alkotják; és ezt az objektív sokszínűséget természettudományos világképeink óhatatlanul tükrözik.*

Nemhogy az összes szaktudományos ismeret egységes képpé állna össze, de még az egyes szaktudományokon belül is csikorogva illeszkednek egymáshoz az ismeretblokkok. Mikor világképet alkotunk, azon vagyunk, hogy erre ne legyünk tekintettel. Extenzív és intenzív totalitásokat próbálunk megragadni. Ilyeneknek látszottak — a kinyilatkoztatás erejével hatottak — az első „pozitív” ismeretek az emberi megismerés kezdetén. *Ma szintetizálnunk kell*, dolgokat kell összefoglalnunk, természeti és társadalmi törvényeket kell keresnünk világképünk korszerűvé formálásához. *E folyamatban egyik tudományágat sem tekinthetjük jogosabban világalkotónak, mint a másikat.* Lehetséges például, hogy a csillagászat rengeteg objektuma között élet csak kevésen és kevés fajtán van. Ez a tény azonban éppúgy nem jelent a csillagászat és a biológia hierarchikus viszonyára nézve semmit, mint ahogyan ilyesfajta viszony nem áll fenn a „referenciák”: a megfelelő mozgásformák és anyagfajták közt sem. A csillagászat a biológiai mozgásformákkal legfeljebb érintőleg foglalkozik, és ez a helyzet fordítva is. A „csillagászati világkép” a *csillagászat* mai állását foglalja össze, más tudományágak eredményei többnyire nem képezik központi részét.

## A „világnézet”

Vegyük szemügyre azt az imént már érintett tapasztalatot, hogy mindig felbukkannak minőségileg új, szuverén mozgásformák, melyek egymással — objektív sajátságaiknál fogva — „nem hozhatók közös nevezőre”, bár új és új összefüggéseikre találhatunk. Erre már számítunk is. Az objektív világnak e tulajdonságát és a mi hozzáállásunkat, várakozásunkat együttesen egyetlen *elvvé* fogalmazzuk: a világ minőségileg kimeríthetetlen. Számos ilyesfajta elvünk van, mi jellemzi őket általában? Vegyük észre, hogy egy ilyen elv mennyi mindent jelent! Először: az általánossági szintjét tekintve minden konkrét tükörkép fölött áll. Másodsor: a világ ontológiai, objektív sajátságát tükrözi. Harmadsor: módszerbeli utasítást jelent a világ elsajátításában követendő gyakorlatunkra nézve, szervezi a kutatómunkát, és segít abban, hogy elavult világképeinket újakkal váltsuk fel.

Noha minden szaktudomány — és az egyes szakemberek is — *konkrét világképek* kereteiben gondolkodnak és azok tapasztalatait igyekeznek „kanonizálni” (szabályos, zárt formába önteni), a tudományos megismerés mai szintjén a fentihez hasonló, szakismeretekből kinőtt *általános elveket* nem tudják nélkülözni. Éppen az ilyenfajta elvekből áll össze a világnézet. Mik a világnézet legfontosabb jellemzői?

- *Az objektív világ szerkezetének, mozgásának legáltalánosabb vonásait tükrözi.*
- *Társadalmilag meghatározott.* Formailag ugyan szubjektív, „személyes”, lényegileg azonban az osztályhelyzet határozza meg: a világnézetek osztályokhoz tartoznak. Ez azt jelenti, hogy minden világnézet, így a világnézet formálásában szerepet játszó tudomány is „pártos”, átszövik az érdekek.
- *Emberközpontú.* Az ember és a természet viszonyára, az ember gyakorlatára irányul: azt szervezi, azzal szoros egységben és kétoldalú kölcsönhatásban van.
- *A természettel és a társadalom helyzetével adekvát formái tudományos szintűek,* pontosan kidolgozott saját kategóriákkal és az objektív világ „logikáját” tükröző belső logikával. A tudományos, rendszerezett világnézet nem más, mint a filozófia.
- *Történelmileg meghatározott,* állandóan fejlődik (ez az eddigiekből is következik).

## A világnézeti-tudományos problémák

A szaktudományos tevékenységgel állandóan együtt járnak a világnézeti problémák. Tekintsük át ezek fő fajtáit az eddigiek alapján!

Mindenekelőtt meg kell állapítanunk, hogy a *szaktudományos tevékenység a társadalmi gyakorlat része*. A szaktudományok világnézeti problémái tehát nem egyszerűen megválaszolandó kérdések, hanem cselekvő megoldást kívánó, a tudományos tevékenység útjában álló nehézségek, ellentmondások. Leküzdésükben, az ezt előkészítő vagy segítő elemzésekben a legritkább esetben illetékesek a szakterület magukra hagyott szakemberei. Ennél szélesebb körű összefogás nélkül még azokban az egyszerűbb esetekben sem lehet tényleges eredményt elérni, amikor a világnézeti súlyú probléma szaktudományos feladat formájában jelentkezik.

Példaként gondoljuk át a mai kozmológia egyik „egyszerű”, kérdés formájú problémájának megoldását: eldöntendő, hogy belátott világunk nagybani szerkezete a relativisztikus gravitációelmélet által szolgáltatott megoldások közül melyiknek felel meg (esetleg egyiknek sem). Ez nagy horderejű szakmai probléma, és így világnézeti súlyú. Az ide vonatkozó kutatások előkészítése, a kérdések megfogalmazása szakemberek és filozófusok együttműködését igényli. Amikor ezt egy szakember kerülni óhajtja — és mégis eredményt akar elérni —, akkor valószínűleg meg legkövetkezetesebben: kénytelen maga megtanulni a filozófiát. A probléma azonban a kérdések programadó megfogalmazásával még nincs megoldva. El kell végezni magát a megoldásra irányuló teljes szaktudományos tevékenységet. Nagy mennyiségű megfigyelést kell végezni korszerű, még egészen nagy országok költségvetésén is nyomot hagyó értékű eszközökkel, és ezeket fel kell dolgozni — mindezt nemzetközi összefogás keretében. Ehhez tudományos, gazdasági és politikai szervező munka is tartozik. És nem utolsósorban fenn kell tartani azt a társadalmi érdeket, amely a kérdés megoldására irányul. Magasfokú emberi tevékenység az ilyesfajta tudományos program, messze túlmegegy a pusztá vegetáción; és többek közt a termelő osztályok végzik, miközben munkájukkal magát a társadalmat fenntartják.

Idézzük fel — az eddigiek szellemében megfogalmazva — a csillagászat néhány fontos világnézeti problémáját!

— *Hatékonyabbá kell tennünk a csillagászat és a filozófia együttműködését.*

A csillagászat szempontjából: eredményesebbé kell tennünk a konkrét csillagászati problémák megoldását azáltal, hogy felhasználjuk a tudományos megismerés általános tapasztalatait; igénybe vesszük a filozófia segítségét szaktudományos fogalmaink pontos



sításában, az interpretációk kidolgozásában, az eredmények megítélésében.

A filozófia szempontjából: segítenünk kell a filozófia fejlődését a szakcsillagászati eredmények felhasználásával. Pontosítanunk kell a fogalmakat; fokoznunk a legáltalánosabb gondolkodásbeli eredmények általánosságát; konkrét tárgyon csiszolni az általános szintű gondolkodást; gazdagítani a megismerés arzenálját általában. Mindezen feladatokat feltáró és mozgósító elemzés tárgyává kell tenni és végre is kell hajtani, újra meg újra — hiszen állandóan újratermelődnek.

- *Elemezni kell, és szükség esetén meg kell változtatni a csillagászatnak a tudomány építményében elfoglalt helyét.* Mivel a társadalom fejlődésével ez a hely állandóan változik, a probléma állandó tudományelméleti, tudománytörténeti, tudománypolitikai, kultúrpolitikai, gazdasági küzdelmeket jelent, belföldi és nemzetközi vonatkozásban egyaránt.
- *Változtatni kell a csillagászatnak a társadalmi gyakorlathoz való viszonyán, tudatos ellenőrzés alá vonva ezt.* Fokozni kell hasznosságát a tudományos kutatásban, oktatásban és a közművelődésben; a hatékonyság szempontjából optimális anyagi támogatásban kell részesíteni, elő kell mozdítani a nemzetközi együttműködést, támogatni kell a csillagászatot más területeken működő, de nem teljesen kihasznált berendezésekhez való hozzájutásban. Elő kell mozdítani, hogy a csillagászatban kifejlesztett módszerek, fő- és mellékeredmények mennél teljesebben hasznosodjanak az élet egyéb területein. Mindez állandó tudományszervező tevékenységet jelent.
- A bevezetésben már érintettük a tudomány szerepének és viszonyainak átalakulását az osztály nélküli társadalom kiformalódásának folyamatában. *A csillagászat területén is meg kell tenni mindent, ami ezeket az átalakulásokat segíti.* Napjainkban nálunk a szocialista tudomány kialakulása folyik. Egész bolygónkat tekintve a fő feladat az atomháború elkerülése. Mindez még a legelvontabb tudományok képviselőire is ideológiai, politikai, sok esetben katonai feladatokat ró!

Most méginkább látszik, hogy egy tudomány világnézeti súlyú problémáinak megoldásában a szakember önmagában nem lehet elég eredményes. Sok esetben még az elemzést sem tudja elvégezni. A megfelelő munkaközösségek világszerte napjainkban alakulnak ki, elsősorban a szocializmust építő társadalmakban.



## Filozófiai elemzések a mai csillagászatban

Mint láttuk, helytelen az az elterjedt felfogás, amely „világnézeti problémáknak” a filozófiai elemzések tárgyát tekinti, és a megoldásukat az elemzések végrehajtásában látja. Hiszen a tudománynak (esetünkben a csillagászatnak) *magának* vannak problémái, ezeknek szükségszerűen van világnézeti aspektusuk; a komplex problémák megoldása és újratermelődése pedig nem más, mint a tudomány mozgásának, fejlődésének egyik vonatkozása. Ebben a folyamatban — bár szerepe nagyon fontos, de — csak egy lépés a filozófiai analízis. Ez a magyarázata annak, hogy a csillagászatnak az előző pontban említett világnézeti problémái inkább hasonlítottak valamiféle programtervezetre, mint a megszokott témák felsorolására. Tekintsük most át a témákat, melyekkel napjaink csillagászata és a filozófia együttműködve foglalkozik!

Az 1978-ban lezajlott 16. Filozófiai Világkongresszust (Düsseldorf, augusztus 27.—szeptember 2.) a „modern tudományok világnézetének” szentelték. A terítékre került nyolc nagy téma egyike a csillagászattal is kapcsolatos: az Univerzum eszméje. A kongresszus jegyzőkönyveit cikkünk megírásának idejéig még nem adták ki, ezért csak előzetes anyagokra támaszkodhatunk. Ezek a következők:

A kongresszus plenáris előadásainak összefoglalója  
(szerk.: Alwin Diemer), Düsseldorf.

Az Univerzum eszméje; a kongresszusra szánt anyagok  
(a szerk. bizottság vezetője: V. Kazjutyinszkij), Moszkva, 1978.

A 16. Filozófiai Világkongresszus; a szekcielőadások  
(szerk.: Alwin Diemer), Düsseldorf, 1978. április.

Az első anyagban a témák elnökei röviden összefoglalják a plenáris előadásokban várhatóan felvetődő kérdéseket az Univerzummal kapcsolatban (elnök: K. HÜBNER, Kiel): az Univerzum fogalmát a kozmológiával szorosan összekapcsolják; vizsgálják a kozmológiai megfigyeléseket, és a világ belőlük kirajzolódó képét; vizsgálják az Univerzum egységét; a kozmológia általános elveit; azt, hogy véges-e az Univerzum vagy végtelen; vizsgálják, hogy az Univerzum eszméjének milyen a viszonya a valósághoz; végül, hogy tudomány-e a kozmológia és milyen jelentősége van számára a filozófiának.

A második anyagban teljes előadások szerepelnek, amelyeket szovjet csillagászok és filozófusok a kongresszusra készítettek. Ezek a következők:

- Az Univerzum tanulmányozásában bekövetkezett haladás és a világnézet [Weltanschauung] (V. A. Ambarcumjan, V. V. Kazjutyinszkij)
- Az „Univerzum” koncepciójának elemzése (A. S. Karmin)
- Az Univerzum mint a kozmológia tárgya (G. M. Idlisz)

- A világok sokaságának problémája a kozmológiában és a filozófiában (A. M. Mosztyepanyenko)
  - A mikrokozmosz és a makrokozmosz egységének eszméje a régebbi és a mai időkben (M. S. Aszimov, A. Turszunov)
  - Az Univerzum és a filozófia tudománya (V. S. Gott)
  - A világnézet [world outlook, Weltanschauung] és a relativisztikus kozmológia problémái (V. V. Kazjutyinszkij)
  - Az Univerzum végtelensége eszméjének filozófiai alapjai (S. Meljuhin)
  - Ember—idő—világegyetem (Ju. B. Molcsanov)
  - A „szimmetrikus világ” eszméjének fejlődése a kozmológiában (U. A. Radjabov)
  - Az Univerzum eszméje és a szimmetriák (A. Zvetkov)
  - A kölcsönhatás kategóriája és a fizikai világkép fejlődése (R. O. Kurbanov)
  - Az Ember és a Világmindenség (az „antropogeokozmizmus” koncepciója)
  - (A. D. Ursul)
- Ökológiai problémák és az Univerzum (A. V. Kacura)

A harmadik anyagban a kongresszusra szánt szekcióelőadások és tartalmi kivonataik vannak. Az előbb felsorolt cikkek közül csak Mosztyepanyenkóé, Gotté és Radjabové szerepel benne; ezeken kívül még a következők:

- A valami léte (L. Crocker)
- Az Univerzum és a fejlődés (H. Hörz)
- A mítosz és az emberi értelem [understanding] (S. D. B. Picken)
- Tudomány-e a kozmológia vagy spekuláció? (V. Weidemann)

Avégből, hogy a figyelem előterében álló témák közül többet megemlíthessünk, a mostanában ugrásszerűen növekvő, idevonatkozó irodalomra hivatkozunk. Magyar nyelven hozzáférhető:

W. Hollitscher: A természettudományos világkép. Gondolat, 1964.

A modern természettudományok filozófiai problémái; a Szovjetunióban 1958-ban tartott össz-szövetségi konferencia anyaga. Akadémiai Kiadó Budapest, 1962.

Végtelenség és Világegyetem; a Szovjetunióban 1965-ben rendezett szimpozium átdolgozott anyaga. Gondolat, 1974.

Ezekből és néhány cikkből a következő kérdések bukkannak elő:

- az általános relativitáselmélet téridő-fogalma;
- az anyagi mozgásformák összefüggései;
- a kozmogónia, kozmológia, asztrofizika, csillagászat kutatásainak módszertani problémái;
- a relativisztikus kozmológia és az ősrobbanás-elmélet összeegyeztetése a filozófia elveivel;
- a kozmologikus világmodellek és a megfigyelések szembesítése;
- a csillagászat történetének elvi jelentőségű tapasztalatai;
- a „Világegyetem” fogalmának problémái;

- a világ megismerhetősége a csillagászat tapasztalatainak tükrében;
- a csillagászat és a filozófia viszonya;
- a végtelenség matematikai, filozófiai és kozmológiai fogalmainak viszonya, a világ végtelensége;
- az egyetemesség fogalma a kozmológiában;
- a végtelenség és egyetemesség kérdéseinek logikai elemzése.

Oroszul bő irodalom áll rendelkezésünkre. A filozófiai folyóiratok, különösképpen a Vaproszi Filozófii, immár rendszeresen, sorozatban közölnek a csillagászat világnézeti kérdéseivel foglalkozó cikkeket. És íme, milyen kérdéseket elemeznek az új könyvek:

A. Turszunov: A filozófia és a modern kozmológia. Moszkva, 1977.

Fejezetei: a filozófia és a kozmológia kölcsönviszonya mint metodológiai probléma; a kozmológiai extrapoláció; a kozmológiai elméletek logikai felépítése és interpretációi; a kozmológiai tér szerkezete a végtelenség végtelenség problémáival; az idő és a Világmindenség; a tudományos kozmológia világnézeti aspektusai.

A XX. század csillagászatának filozófiai problémái (szerk. Kazjutyinszkij, Omeljanovszkij, Szacskov). Moszkva, 1976.

Ez tematikus cikkgyűjtemény. Tartalma:

- A csillagászatban zajló forradalom és a fizikában zajló forradalom kölcsönhatása (V. A. Ambarcumjan, V. V. Kazjutyinszkij)
- Az asztrofizika és az új fizikai törvények (V. L. Ginzburg)
- Asztrofizika, relativizmus és világkép (Ja. A. Szmorogyinszkij)
- A relativisztikus kozmológia problémái (Ja. B. Zeldovics, I. D. Novikov)
- A kozmológia, a relativisztikus asztrofizika és a részecskefizika (N. V. Micskevics)
- A relativisztikus kozmológia és L. Brillouin neooperacionalizmusa (N. V. Micskevics, E. M. Csugvinov)
- A csillagászat és a fizika kölcsönhatásának módszertani vonatkozásai (I. B. Novik, A. Turszunov)
- Megfigyelés, kísérlet és elmélet kölcsönös kapcsolata a Világegyetem megismerésében (V. Sz. Sztjepin)
- A modell-módszer és annak heurisztikus lehetőségei az asztrofizikában (A. G. Maszjevics)
- A modellezés problémái a kozmológiában (ismeretelméleti szempontok) (A. Turszunov)
- Statisztikus módszer a csillagászatban (Ju. B. Szacskov, F. A. Licin)
- A tudás objektivitása és a földön kívüli civilizációkkal való információcsere problémái (B. N. Panovkin)
- A létezés problémája a csillagászatban (I. Sz. Alekszejev)
- A kopernikanizmus jelentősége a korszerű fizikai és csillagászati világképben (G. Ju. Treder)
- Szingularitás, időirány és a Világmindenség fejlődése (N. N. Liszovoj)
- A tér, idő, végtelenség koncepciói a modern kozmológiában (M. D. Ahundov, L. B. Bazsenov, E. M. Csugvinov)
- Az Univerzum téridejének topológikus szerkezete (A. M. Mosztyepanyenko)
- Visszafordíthatatlan folyamatok és az idő irányultsága (Ju. B. Molcsanov)
- A Világmindenség és az „idő-nyilak” (L. G. Antyipenko)



- A termodinamika második főtétele és a Világegyetem fejlődésének problémája (L. B. Bazsenov, V. P. Lebegyev)
- A valószínűség fogalma és a Világmindenség termodinamikája (F. A. Cicin)

Ha összehasonlítjuk a csillagászat összes világnézeti vonzatú problémáit azokkal, amelyek jelenleg filozófiai diszkusszió tárgyát képezik (és amelyeket az imént az irodalomra hivatkozva — bár hiányosan — jeleztünk), látható, hogy az utóbbiak az előzőeknek csekély részét teszik ki. Ennek ellenére ezek bősége is olyan nagy, hogy nincs értelmű kiragadni néhányat, és sommás kijelentéseket tenni róluk, ahelyett, hogy mélyreható vizsgálatban részeltetnénk őket. Cikkünk terjedelme ahhoz sem elegendő, hogy az említett elemzéseket tartalmilag ismertessük. Annyit összefoglalóan megállapítunk, hogy a teritéken levő kérdéseknek majd a fele a kozmológiával kapcsolatos.

### *Mi a kozmológia?*

Álláspontunk a következő: A kozmológia *a csillagászat tudományának ága*. A csillagászat és a fizika eszközeivel nyert ismeretek alapján áll. Minthogy szaktudomány, nem foglalkozik a Világmindenséggel annak teljességében és filozófiai általánosságában. A Világegyetem konkrét részeit tükrözi vissza, közelítőleg: a legnagyobb léptékűnek ismert dolgokat, viszonyokat, folyamatokat. Ebben sajátos elméleti apparátusán kívül segítségére vannak az élettelen természet tanulmányozásával foglalkozó tudományok és a matematika. Az, hogy a világ mely részét és hogyan tükrözi, természetesen történelmileg meghatározott, állandóan változó dolog.

A kozmológia tárgya és vizsgálódási szintje tehát *szaktudománynak* megfelelő és konkrétabb, mint a filozófiáé. Így az elméleti feldolgozásban használt legáltalánosabb fogalmai sem filozófiai szintű fogalmak, annak ellenére, hogy esetleg azonos a nevük a közelálló filozófiaiakéval (téridő, Univerzum stb.). A névazonosságok sok fogalmi zavart takarnak, de nem felelősek magukért a zavarokért, és nem várható, hogy a fogalmi tisztázás önmagában végleg megoldja a problémákat. Azok mélyén ugyanis a megismerés általános ellentmondásai húzódnak, amelyek minden konkrét megoldásukat túlélnek. Ilyen például az az ellentmondás, amely a világ ismereteink által már feltárt részének változásában mutatkozik, és amelynek oka a világ objektív minőségi kimeríthetlensége, és a társadalomnak a természet elsajátításában való állandó érdekeltsége; talaja pedig a világ elvi megismerhetősége. Természetesen az ezen az alapon fellépő problémák megoldásában az első lépések egyike mindig azok korszerű megfogalmazása, és ez állandóan újratermelő feladat, mint korábban már mondtuk. Cikkünkben nem célunk



fogalmi elemzést végezni, ennek kapcsán az irodalomra utalunk; azt azonban megvizsgáljuk, hogy miért kellett a kozmológiát meghatározni.

A kozmológiának meglehetősen pongyola meghatározásai forognak közkézen. Idézzünk fel néhányat!

Természettudományi Lexikon, Akadémiai Kiadó, 1966., „kozmológia” címszó: „a kozmológia az Univerzummal mint összefüggő, egységes egésszel, és műszereink hatókörébe eső környezetünkkel mint az Univerzum szerves részével foglalkozó tudományág. A kozmológia a csillagászat, fizika és filozófia határterületén fekszik...”

Filozófiai Kislexikon, Kossuth, 1964., „kozmológia” címszó: „a kozmológia a csillagászat egyik ága. Tárgya a Világmindenség mint egységes, összefüggő egész és ennek a csillagászati megfigyelések által felölelt szektora. A modern kozmológia tulajdonképpen a csillagászatnak a fizikával és a filozófiával érintkező mesgyéjén elhelyezkedő határtudomány...”

A két meghatározás szemmel láthatóan azonos, annál is inkább, mert az első is — ugyan nem az elején, de a folytatásban — a *csillagászat* műszereire gondol. Pontatlanságuk is azonos. A kozmológia neve szerint a „világ tana”. Következétesen kétféle Világegyetem-fogalom él: az egyik filozófiai szintű, általános; a másik konkrétabb, szaktudományos (pl. „meghatározott szaktudomány műszereivel elérhető” stb.). A fenti meghatározások nem rögzítették, melyikre vonatkoznak, így azt a benyomást kell kelteniük, hogy részint mindkettőre, részint a kettő viszonyára is. Ha azonban megvizsgáljuk, hogy miből is áll a modern kozmológia, világosan kiderül, hogy az valóban a csillagászat egyik ága, és a hozzá kapcsolódó filozófiai elemzések ellenére egyáltalában nem fekszik a csillagászat és a filozófia határán. Az a „Világegyetem”, amellyel foglalkozik, szaktudományos és konkrét, a világnak a csillagászati műszerek és megfigyelések által megragadott része és annak extrapolációja.

Például az a fentebb említett általános ellentmondás, amely a Világegyetem már megragadott részének változásában mutatkozik (beleértve az anyag objektív mozgását és ismereteink bővülését egyaránt), a kozmológia területén konkrét formát ölt: a kozmológia konkrét „világa” az, amelyben a régebbi tapasztalatok és extrapolációk az újabbakkal szembesülnek. *A kozmológia és a filozófia közötti kapcsolat tehát minőségében ugyanolyan, mint akármely szaktudomány és a filozófia kapcsolata.* Például: amennyiben a kozmológia és a filozófia a megismerés két, különböző általánossági szintű területe, annyiban kétoldalú, mindkét terület számára gyümölcsöző kölcsönhatás van közöttük. Másik példa: amennyiben a filozófia tudományos világnézet, azaz a

tevékeny, cselekvő hozzáállás eszmerendszere, a kozmológia pedig a társadalmi gyakorlat egyik speciális területe, annyiban a filozófia szervező, ellenőrző, irányító funkciója érvényesül a kozmológia felett.

Zelmanov meghatározása: „A kozmológia a Világegyetemről mint egészről szóló fizikai tanítás, amely magában foglalja a csillagászati megfigyelés által felölelt egész világnak mint a Világegyetem részének elméletét.” (Végtelenség és Világegyetem, Gondolat, 1974., 304. o.).

Ez a meghatározás frappáns formája ellenére igen pontatlan. Először is a „fizikai tanítás” kifejezés kevésbé idézi fel az új tapasztalatok sokaságát, egy tudományág eszközbeli és személyi viszonyait, összefüggését a társadalmi gyakorlat más területeivel, de még azt sem, hogy ez a „tanítás” elsősleg korántsem egységes. Másodsor: a kozmológia gyakorlati aspektusához képest különös súlyt kap benne az elmélet. Ez az elmélet a fogalmazás ellenére nem annyira a „csillagászati megfigyelések által felölelt egész világra, mint a Világegyetem részére” vonatkozik, hanem inkább egyszerűen a csillagászati megfigyelések által felölelt egész világra mint egészre. Az eddigi elemzések alapján kiderült, hogy célszerű megkülönböztetni a „*megfigyelések által felölelt egész világ*” és a (filozófiai értelemben, általánosan vett) „*Világegyetem*” fogalmát. Ezek közül az utóbbihoz a kozmológiának nincs több köze, mint más szaktudományoknak.

Íme, előttünk áll egy valóban megoldandó világnézeti feladat: *ki kell alakítani a kozmológiának mint tudománynak az adekvát viszonyait a tudományos élettel, tágabban az egész társadalmi gyakorlattal, minthogy ezek a viszonyok jelenleg több vonatkozásban torzák. Elég, ha például arra utalunk, hogy a kozmológiának a közművelődésben, csillagászati oktatásban, világnézeti nevelésben mostoha szerep jut; vagy arra, hogy a kozmológia hibás felfogásának alapján (azonosítva azt egyik-másik interpretációjával) bizonyos ellenkezéssel fogadják a szak-kozmológia és a filozófia együttműködését mindkét oldalról. A szakemberek gyakran elutasítják az ilyen együttműködést; a filozófiában is küzdeni kell érte, mint az egy már említett szekció-hozzászólás (16. Filozófiai Világkongresszus, V. Weidemann: Tudomány a kozmológia vagy spekuláció?) témájában is megnyilvánul.*

### A csillagászat és a megismerés általános elvei

A szaktudományos megismerés eredményeinek általános szintű lecsapódása a *filozófiai ismeretelmélet* fontos forrása. Az az eléggé általános várakozás azonban, hogy az ismeretelmélet cserében majd szaktudományos konkrétságú „használati utasításokkal” vezérli a kutatást, a filo-

zófia és a szaktudományok kölcsönviszonyának kezdetleges felfogásán alapszik, és — természetesen — nem teljesül. Az ilyen „csalódás” azután sok szakember számára elvi alap ahhoz, hogy a kutatások filozófiai támogatásának hasznában kételkedjék.

Egyáltalában: mi az ismeretelmélet? *Az ismeretelmélet a filozófia része.* Az emberi megismerés lehetőségeivel, természetével, általános feltételeivel, valamint az ismeretek valósághoz való viszonyával (hitelességével, „igaz” voltával stb.) foglalkozik. A dialektikus materialista filozófia ismeretelméletének alapelve a következőes filozófiai materialista monizmus; valamint az, hogy a megismerés a társadalmi ember tárgyi-gyakorlati tevékenységével szorosan összeforr. A megismerési folyamat szubjektuma a társadalmi gyakorlat szubjektumával lényegileg azonos, vagyis *aki megismer, az éppen gyakorlata révén teszi ezt, és megismerése vezérli gyakorlatát.* A dialektikus materialista ezt a helyzetet a maga számára tudatosítja, és igyekszik ezt nagyobb hatékonysága érdekében felhasználni. Más filozófiák is kiépítik ismeretelméletüket, azonban ezek az elméletek kevésbé adekvátak képviselőik objektív társadalmi helyzetével. Így például lehetséges, hogy egy szubjektív idealista eredményeket érjen el a megismerésben, noha elvei szerint ez lehetetlen.

Hogyan jelenik meg az ismeretelmélet a tudományos kutatás folyamán? Elsősorban úgy, hogy az ismeretelméleti elvekre támaszkodva az elméleti eredményeket abból a szempontból interpretálják, hogy *megfelelnek-e a valóságnak.* („Valóságon” a tudatunktól függetlenül létező, objektív világot értjük.) Azonban a tudományos adatok és ismeretelméleti interpretálásuk közt nincs kölcsönös és egyértelmű, közvetlen összefüggés, éppúgy, ahogy az általánosság különböző szintjei is rendelkeznek szuverenitással. Nem várható, hogy egy ismeretelméleti elv bármely szaktudomány konkrét eszközkészletében *közvetlenül* szerepeljen, például, hogy segítségével közvetlenül minősítsünk elméleteket a *szaktudomány hatáskörében.*

Tekintsünk egy kozmológiai példát erre! A dialektikus materialista filozófiába illeszkedő általános szintű tapasztalatunk, hogy az anyagi világ minőségileg kimeríthetetlen (például rendelkezik a végtelenséggel). A kozmológia — meghatározott értelemben, résztotalitásként — az egész világgal foglalkozik, globális formájú elméleteket alkot rá nézve. Ha azt hinnénk, hogy ezek mellé *konkrét kozmológiai eszközként* oda-sorolható a világ végtelenségének elve, akkor részben végeérhetetlen fogalmi bonyodalmakat idéznénk a fejünkre (például hosszan vitathatnánk, hogy mit is értünk világ alatt), részben súlyos értékelési hibák keletkezhetnének. (Például a kozmológiai megismerés jelenlegi állása mellett azonos státuszú gravitációs világmodellek közt különbséget tennénk azon az alapon, hogy az egyik bizonyos, meghatározott értelmű végességgel rendelkezik, a másik meg nem. Alternatív elméleteinek



igazságát szaktudományos eszközeinek felhasználásával magának a kozmológiának kell eldöntenie.)

Az ismeretelméleti elenizés haszna tehát áttételes, de kétségbevonhatatlan. Ilyen haszonra a csillagászatban kevés konkrét példát tudunk, e téren sok tennivaló van még. Egy példát mégis megemlítünk. A geocentrizmus — heliocentrizmus vita a maga korában elsősorban *szaktudományos kérdés* formájában jelentkezett. Jól látható azonban a kérdés *világnézeti probléma* jellege is, abban az általános értelemben, ahogyan a világnézetről korábban beszéltünk. Az általános ismeretelméleti probléma jelleg ennek csak egyik oldala. A tudományos megismerés különböző szintjein újra és újra feldolgozzák ezt; ennek a ma már tudománytörténeti múltba visszanyúló elemzési folyamatnak a sokoldalú módon áttételeződött haszna teljesen világos. Azt ugyan nem érte el, hogy akár azt megállapította volna, hogy minden a Föld körül kering, akár azt, hogy minden a Nap körül kering, akár azt, hogy e két álláspont teljesen egyenrangú. Ezek a megfogalmazások régen elavultak. Az elemzési folyamat azonban beépült a csillagászatba.

Lássunk most néhány példát arra, hogy milyen ismeretelméleti, filozófiai elveket sugallnak a csillagászat tapasztalatai!

A csillagászati folyamatok időléptéke a mienkhez viszonyítva lassú. A természettudományos megismerésben szerencsés körülmény a csillagászat tér- és időléptéknek az emberihez való viszonya. A megfigyelés, mérés nem avatkozik bele észrevehetően a mérendő dolgok életébe. A csillagászati tapasztalatok nem kedveztek annak a végsőkéig kétségbeesett alapállásnak, amely szerint a mérések eredménye *lényegében* a megközelítés módjától függ, és alapvetően szubjektív (HEISENBERG, BORN). A csillagászat reprodukálódó és megbeszélhető eredményekkel szolgál: a csillagászati világ rideg állandósága leépíti a spekulációkat. Az okság elvének érvényesülése nem kérdőjeleződik meg, és a csillagászat története folyamán a megismerés elől menekültek a csodák.

NEWTON mélyen vallásos volt, de korrekt tudós, így a csodákból mindössze ennyi jutott neki: „Hi omnes motus regulares originem non habent ex causis mechanis.” (Azaz: az összes szabályos mozgások eredetének nincs mechanikai oka.) DESCARTES-nak, KANT-nak, LAPLACE-nak sem engedett többet a csillagászat világa az „első lökés” eszméjénél. Ez — ha a kozmikus viszonyokat, rendet megszemélyesítjük, akkor is — objektív idealizmussal még csak összefér talahogy, de a külvilág objektivitásában való kételkedéssel már nem. Ez azért érdekes, mert nincs még egy területe a természettudománynak, ahol a megismerő és megismerendő távolabb esne egymástól.

Máshova is átsugárzó, világnézeti elvet diktál tehát a csillagászat: *a tudatunktól független valóság elfogadását*, és ezzel párban szükségszerűen azt is, hogy *ismereteink ezt az objektív valóságot tükrözik*. Mármost a csil-



lagászat alapvetően stabil háttérén a nagy állandóságú dolgok változásai igen szembeötlőek, és magyarázatot követelnek. Az állandó viszonyok megfogalmazásával egyidőben a változások feldolgozása is elengedhetetlen. A kozmikus méretekben folyó változások a mozgások általános elemzéséhez szolgáltatnak alapot, például felvetik a fejlődés gondolatát a legkülönbözőbb objektumokra vonatkozóan.

A szakszavak használatát úgy ragad meg mozgásokat, hogy „tárggyá teszi” őket. Legyen például vizsgálódásunk tárgya egy bolygó. A bolygó mozgása feloldja, és kiegészítve mégis jobban meghatározza a bolygót. Ha magát a mozgást is vizsgálódásunk tárgyává tettük, az azt jelenti, hogy ezt az objektumot a bolygó adataival, ezen kívül pályával és a mozgás lefolyásának ábrázolását jelentő mozgásegyenlettel jellemezzük. Ez az egész tulajdonképpen bolygók sorozatát jelenti számunkra, amelyek azonosak, de különbözőek is egyszerre, Zénon nyilához hasonlóan. Önmagában egy ilyen leírásban nem ismerhető fel a mozgás objektív dialektikája. A mozgó bolygó kölcsönhatásai azonban oda vezetnek, hogy megváltozik a pálya. Elég lassan történik ez ahhoz, hogy pályák sorozatát lássuk magunk előtt, azaz: az előbbi módon a pályák mozgását is tárggyá tegyük. És így tovább, minden változásban állandóságok *tagadva-feltételező viszonyban* állnak egymással.

Ameddig csak a csillagászat lát, mindenütt egymásba skatulyázott, objektumszámba menő mozgásokat, mozgó dolgokat tapasztalunk, és ezek közt maguk a dolgok segítenek eligazodni, kijelölve a mozgásokban a viszonylagos állandóságot. A világ nem pusztán térben és minőségben különbözők, határoltak összefüggő, egységes rendszere, hanem egyúttal mozgó, változó állapotok belső ellentmondásokkal tagolt és összefűzött rendszere is. A csillagászati megismerés mai szintje — összhangban az általános értelemben vett emberi megismerés elért színvonalával — *történeti szemléletet* kényszerít ránk: igyekszünk a dolgokat mozgásuknál fogva megragadni, noha ennek során a mozgások állandóan „dologi formát” öltenek. A világ objektív, belső logikája a tükrözésről sajátos gondolkodásmódot tesz szükségessé: a *dialektikát*.

A csillagászati megismerés során nemcsak a csillagászat objektumára, hanem megismerésünkre általában is levonhatunk tanulságokat. A csillagászati világképek változásának üteme gyorsabb, mint a csillagászati világé. Ez fokozottan felveti azt a kérdést, hogy a képekben megfogalmazódó tapasztalataink, azaz maguk a képek igazak-e? Hiszen nem referenciájukat követik a váltakozásban! Ez a helyzet az „igazság” természetére és megismerésünk szerkezetére vonatkozó elemzéseket tett szükségessé, és ezek során szembeötlővé vált *megismerésünk folyamatának társadalmi, történelmi meghatározottsága, dialektikus jellege*. Nem véletlen, hogy például annak az elvnek a szemléltetésére, amely szerint az igazság folyamat, és mozgása, fejlődése állandó megszüntetve megőrzés,

gyakran használják fel a már említett geocentrizmus-heliocentrizmus fordulatot.

Befejezésül: megismételjük, hogy a tudomány korunkban minden eddiginél nagyobb változáson megy át. Ez azt is jelenti, hogy minden eddiginél súlyosabb világnézeti problémákat kell megoldania. Meg kell oldani például azt, hogy a tudomány a legteljesebb mértékben köztulajdonná váljék. A szocialista társadalmakban ez nem alacsony hatásfokú spontán mozgás, mert a legkülönbözőbb szinteken tudatosítottuk — és ez a köztulajdonná válás aktív, cselekvő támogatását jelenti. Ennek a folyamatnak egyik fontos része az *ismeretterjesztés*. Azaz mind, akik részt veszünk benne, akár ismeretterjesztőként, akár befogadóként vagy mindkét minőségben — ahogy az a leggyakoribb —, világnézeti probléma megoldásán munkálkodunk.

### Ajánlott Irodalom

Szigeti József: Filozófia, szaktudomány, társadalom;  
Magyar Filozófiai Szemle, 1979. 1—2. sz. 1. o.

## SZÁZÉVES A GOTHARD OBSZERVATÓRIUM

A Csillagászati Évkönyvek Olvasói az 1977-re kiadott kötetből tudomást szerezhettek a szombathelyi Gothard Observatórium közel 95 éves történetéről. A centenáriumra készülve az azóta eltelt öt év alatt további történeti kutatásokat végeztünk. Egyidejűleg olyan mélyreható változások is történtek, amelyek a jövőben döntően befolyásolják az obszervatórium további sorsát. Ezzel a két kérdés-csoporttal foglalkoznak az alábbi sorok.

### Adalékok az obszervatórium történetéhez

Mint eddig is tudtuk, 1881-ben nagynevű alapítónk, GOTHARD JENŐ (1857—1909) — KONKOLY THEGE MIKLÓS rábeszelésére — a Szombathely mellett fekvő herényi kastélyának parkjában, a meglevő fizikai laboratórium mellé *csillagászati obszervatóriumot* is létesített. Az alapítás körülményeire vonatkozó újabb adatok az alábbiakban foglalhatók össze:

Gothard 1875 nyarán kitiűntetéssel fejezte be középiskolai tanulmányait a szombathelyi Premontrei Főgimnáziumban (ma: Nagy Lajos Gimnázium), ahol — a dokumentumok tanúsága szerint — a Diák Önképzőkör könyvtárosa és a Diák Ifjúsági Egylet elnöke volt, nem is szólva arról, hogy már 18 éves korában önképzőköri tanulmányt készített „A fényképezés alapjairól”, melynek történetébe később olyan maradandóan írta be nevét. Az iskola 1874/75-ös évkönyve feltünteti, hogy az érettségire választott szaktanulmánya technikai volt, ugyanis a főgimnáziumi érettségikhez ebben az időben megkövetelték a szakdolgozat írását is.

1875—1879 között a bécsi műegyetemen (Polytechnikum) tanul, ahol főként finommechanikában, optikában, elektrotechnikában és csillagászatban szerez korának színvonalát meghaladó ismereteket. Ezek után Herényben egy *fizikai és kémiai laboratóriumot* rendezett be, ahol

különbéle eszközöket készített. Mintadarabjait kiállította az 1879-es székesfehérvári iparkiállításon, s itt ismerkedett meg Konkoly Thege Miklóson kívül az akkori idők néhány haladó gondolkodású vezető magyar értelmiségijével is.

Az iparkiállítás és az obszervatórium megtervezése, felépítése, valamint felszerelése közötti időtartam alig tesz ki két évet. Ezenközben nemcsak a munkálatok irányításával törődött, hanem arra is jutott ideje és energiája, hogy tanulmányi célból meglátogasson néhány nagy európai csillagvizsgálót.

Az 1948 után elveszett Gothard-kézirattár hiányában (lásd: Cs. É. 1977. 305—306. old.) egy évszázad távlatából igen nehéz rekonstruálni a történeteket. Gothard különben is igen szerény ember volt, még (mai szemmel nézve is) fontos tevékenységeit sem foglalta írásba. Szerencsére 1882—1895 között évenként egy alkalommal aránylag terjedelmes jelentést készített az Astronomische Gesellschaft számára „Herény” címszó alatt, melyből a hiányzó láncszemek kipótolhatók.

1882 januárjában jelenti, hogy birtokának parkjában az elmúlt év nyarán HAUSSMANN ALAJOS budapesti műegyetemi tanár tervei alapján elkészült a csillagvizsgáló egyemeletes épülete. Ezután történt meg az épület berendezése, és 1881. október 20-tól üzemképes a kupola; november 9-től kezdve pedig a kupolában elhelyezett Browning-teleszkóppal *rendszeres észleléseket folytat* öccsével, GOTHARD SÁNDOR-ral. Ennek az adatnak a birtokában végre megállapítható a herényi obszervatórium működése kezdetének időpontja. Korunk embere méltán csodálkozik el ezen a tempón.

Vége arra is magyarázatot lehetett találni, hogy mi az oka a Gothard tudományos működésében tapasztalható nagy intenzitású szakaszoknak, illetve szüneteknek. Néhány példát sorolunk fel erre a dokumentumok alapján. Az 1889. év folyamán főként azzal foglalkozott, hogy obszervatóriumában és lakásában villanyvilágítást létesítsen egy 3 kW-os gőzgéppel meghajtott generátor és a vele kapcsolatban álló Schenek—Farbaky-féle akkumulátortelep (50 V) segítségével. 1889/90 telén hosszún időn át betegeskedett, influenzával és annak szövődményeivel küzdve (ekkor még ez a betegség sokkal súlyosabb lefolyású volt mint napjainkban, az antibiotikumok korában). Felgyógyulva újabb építkezésbe kezdett. Ennek során épült fel a ma műemlék Gothard-kastély (Szombathely, VIII. Béke tér 1.) középső része, amely az 1881-ben létesült épületrészt (csillagvizsgáló) kapcsolja össze a kastély legrégibb balszárnyával, mely még 1697-ben épült. Az építkezés ideje alatt kényes műszerei gondosan elcsomagolva pihentek, a csillagda helyiségeit pedig a család ideiglenesen lakásként használta.

1891—92-ben ismét intenzíven dolgozik, ekkor választja az MTA is — több neves külföldi tudományos szervezet után, meglehetősen el-



késve — levelező tagjává. 1893-ban, bár egy amerikai utazást is tesz, és jelentésében arról panaszkodik, hogy emiatt ez évben alig észlelt távcsövével, mégis sokat publikál.

1895-től kezdve teljes bizonyossággal kimutatható, hogy nem készült több jelentés az Astronomische Gesellschaft részére. Érthető, hiszen ekkor lép üzembe Ikerváron az első magyarországi vízerőmű, melyet Gothard több éven keresztül műszaki igazgatóként vezet. A villamos energiát felhasználók egyre szélesedő tömege élvezi az ő kiváló technikai tudásának gyümölcsét — sajnos éppen ekkor romlik meg végleg egészsége —, ugyanakkor kedvenc tudományához, a csillagászathoz már csak egyszer, 1901-ben tér vissza (akkor is csak pár hónapra).

Több Gothard-kutatót foglalkoztatott idáig az az igen érdekes kérdés, hogy voltaképpen mely tárgyakból állt a Gothard-hagyaték, mely 1918 körül került a Premontrei Főgimnázium tulajdonába „örök alapítvány” gyanánt. Mint annyi sok mást, az alapító okmányt is elsodor-ták az idők viharai. Fennmaradt viszont az iskola 1918. június 20-án közzétett értesítője (eddigi tudomásunk szerint mindössze 3 példányban), melynek tételes felsorolásai segítenek megoldani ezt a kérdést. Mivel az értesítő bibliográfiai ritkaságnak számít, igen tanulságos idézni belőle egy, az iskola fizikai szertárának gyarapodásáról szóló részletet.

„Fizikai szertár gyarapodása adományozás útján:

Herényi Gothard Sándor v. orsz. képviselő, nagybirtokos, herényi DR. GOTHARD ISTVÁN cs. és kir. sorhajóorvos és felsőbükki NAGY SÁNDOR nagybirtokos urak a néhai Gothard Jenő vezetése alatt álló s épen az ő tudományos kutatásai alapján igen jól ismert herényi asztrofizikai obszervatórium teljes felszerelését, tudományos eszközeit, könyvtárát, továbbá értékes fizikai és fotografiai gyűjteményét az intézetnek adományozták örök alapítványként. A gyűjtemény most van rendezés alatt, ezért csak alábbi felsorolásra szorítkozunk.

#### *I. Asztrofizikai felszerelés.*

1. Newton-féle tükrös messzelátó 260 mm átm. ezüstözött tükörrel, 1,967 m gyújtótávolsággal teljes felszereléssel. (...)

#### *II. Fizikai eszközök. (...)*

#### *III. Könyvek.*

1. Csillagászati, asztrofizikai kézikönyvek.
2. Fizikai, mechanikai, elektrotechnikai kézi könyvek.
3. Évkönyvek és folyóiratok.
4. Könyvszekrények és állványok.

Az egész gyűjtemény most van rendezés alatt; értékét csak teljesen keresztülvitt elrendezése és leltározása után közölhetjük.”

Az I. pont alatt negyven, a II. pont alatt összesen százöt tétel felsorolása szerepelt. Kár, hogy a gyűjtemény „rendezése elmaradt”

(több éven keresztül az évkönyvekben csak ez a szöveg olvasható), majd 1928 után többször már nem is kerül említésre.

Ez a hagyaték is valahogy hasonló sorsra jutott, mint Gothard Jenő nagy intézeti kiadványának II. és III. kötete (*Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Herény in Ungarn, II. Heft, u.s.v.*). Erre vonatkozóan megemlítjük, hogy az I. kötet 1884 márciusában jelent meg Herényben. Az Astronomische Gesellschaft-nak azt jelenti 1886 januárjában, hogy a II. kötet azért nem jelent még meg, mert — bár a kézirat nyomdakész állapotban van — az igen költséges fotográfiai kísérletek az erre szánt pénzt felemésztették. Egy évvel később meg az áll, hogy különféle munkák hátráltatták a II. kötet megjelentetését, ugyanakkor már össze van állítva a leendő III. kötet kézírata is. A Gothard-jelentésekben erről a témáról többet nem esik szó. Elképzelhetetlennek tartjuk, hogy Gothard egyszerűen eldobta volna az egész kéziratköteget, miután különféle okok miatt nem sikerült azokat megjelentetnie...

### Változások az obszervatórium működésében

A Gothard-alapítványú csillagvizsgáló történetének további fonalá meg lehetőségen ismert az Olvasó előtt az 1977. évi Csillagászati Évkönyv lapjairól, ennél fogva csak az 1976—1980 közötti időszak lényeges eseményeire célszerű kitérni.

Az 1973. év végére kiépített új csillagvizsgálónak és a megnyitott állandó tudománytörténeti kiállításnak csak egy — igen lényeges — „szépséghibája” volt: nem volt korszerű megfigyelő eszköze. Ezt a súlyos problémával terhelt időszakot azzal hidaltuk át, hogy a kutatási feladatokat más, könnyebben művelhető területekre koncentráltuk.

Kooperációban az MTA soproni Geofizikai és Geodéziai Kutató Intézetével 1976-ban kezdtük el az *alkonyati és az éjszakai égbolt fényességét* négy szintartományban vizsgálni (twilight and night airglow), a korábban szerzett műhold-fotometriai tapasztalatok felhasználásával. 100 mm átmérőjű és nagy látómezejű műszert készítettünk, mely néhány perc alatt (rögzített program szerint) automatikusan „letapogatja” az égboltot, miközben folyamatosan méri annak felületi fényességét; igen keskeny sávú interferenciaszűrőkkel kiválasztva a 630,0, 557,7 és az 589—590 nm hullámhosszúságú spektrumvonalak tartományát, melyek rendre a felsőlégköri O I, illetve a Na I (doublet)-től erednek. Összehasonlításként még egy neutrális színeképvonal környezetében is mérünk. Mint ismeretes, az airglow-jelenségek szoros kapcsolatban állnak a globális naptévékenységnek a felsőlégkörre gyakorolt hatásával, de (az esetek egy részében) abban a tartományban, melyet már a műhol-

dakkal nem lehet in situ vizsgálni. Így ez a kutatási módszer szerencsésen egészíti ki a műholdas űrkutatást (Tóth, Vámosi).

A fotometriai műhold-megfigyelések adatait számítógéppel dolgoztuk fel. A kidolgozott periódusmeghatározási módszerek alkalmasnak bizonyultak a változócsillag-kutatásra is. Az eredményekről két előadást tartottunk (Tóth).

Külön tanulmányt készítettünk a *Gothard-könyvtár történetéről* (megjelenés alatt); összeállítottuk, és a Berzsényi Dániel Könyvtárral közösen 500 példányban kiadtuk az eddigi legteljesebb *Gothard-bibliográfiát*. Itt kell említést tenni arról is, hogy könyvtárunk állománya rendszeresen és örvendetesen gyarapodik, s jelenleg 10 119 könyvtári egységből áll (Horváth).

Egy biofizikai munkacsoport tagjaként 1977 tavaszától kezdődően megvizsgáltuk a *különféle csillagászati és geofizikai paraméterek* (napfoltok, flerek, mikrohullámú napfluxus, holdfényváltozás és a holdfény polarizált komponense, valamint a földmágneses indexek, különféle meteorológiai jellemzők) *befolyását az éjszaka folyamán repülő néhány igen jelentős méző- és erdőgazdasági kártevő rovarfajra*. Ezzel kapcsolatban egy új, eddig ismeretlen eljárást is kidolgoztunk a természetben tapasztalható környezeti megvilágítottság meghatározására. A mintegy 55 ezer rovarfajta megfigyelést számítógépes úton összevetettük az előbb említett jellemzőkkel, és kimutattuk, hogy az éjjeli rovarok térbeli tájékozódását (ezzel összefüggésben tömeges megjelenésüket és kártételüket) elsődlegesen a környezeti megvilágítottság, a holdfény, és az égbolt polarizációs viszonyai, valamint a földmágnesség horizontális komponensének változásai alakítják ki. A viszonyokat jelentősen módosítják a napfelszínen hirtelen lejártszó folyamatok és a kedvezőtlen időjárási viszonyok. A kidolgozott módszerekkel prognózisok készíthetők, melyek szinte felbecsülhetetlen népgazdasági hasznot jelentenek a mezőgazdaságnak és a környezetvédelemnek. Az eredményekkel 4 akadémiai pályadíjat nyertünk, továbbá 2 nemzetközi és 5 hazai előadás hangzott el, 3 közlemény jelent meg (Tóth).

1978 júliusától az ELTE Csillagászati Tanszékeével közösen dolgozunk a mágneses csillagok témakörében is. Egy év alatt több észlelést végeztünk a Piszkéstetői Obszervatóriumban. További egy év időtartamra (a témakör tanulmányozására, észlelés és elméleti tanulmányok végzése céljából) egy munkatársunkat Potsdamba küldtük tanulmányútra. A témából eddig egy közlemény jelent meg, egy további pedig megjelenés alatt áll (Vető).

Tekintettel arra, hogy kupolánk 1972-ben egy akkor még ismeretlen típusú teleszkóp befogadására készült, az új teleszkóp felállítása és a jövőben végzendő munka érdekében azt át kellett alakítani. Munkatársaink jó része önzetlenül fáradozott ezen, jelentős fizikai és társadalmi

munkát is vállalva a házi kivitelezésben (Vámosi, Tahin, Cseke, Horváth). Ezzel párhuzamosan *előkészületeket tettünk a fotometrikus változócsillag megfigyeléseknek az új teleszkópon történő megindítására is* (Vámosi, Tahin, Tóth).

Befejezésül szóljunk néhány szót az időszak leglényegesebb eseményéről. Régóta vajúdó kérdést oldott meg az az 1979. február 15-én aláírt megállapodás, mely Vas megye Tanácsa és az Eötvös Loránd Tudományegyetem között jött létre. Az okirat szerint *a Gothard Observatórium a tanácsi-múzeumi kezelésből az ELTÉ-hez került át* (1978. július 1-i hatállyal), mert ezáltal jobban be tud kapcsolódni a tudományos élet vérkeringésébe és az oktatói munkába. Fejlődése is biztosított lesz azáltal, hogy hosszú távon egy korszerű, 60 cm-es Cassegrain-típusú teleszkóp szolgálja a tudományos kutatást és a káderképzést egyaránt. Az intézet által eddig is ellátott népművelési funkciók változatlanul megmaradtak. *Gothard Jenő soha nem remélt álma éppen a százéves évforduló küszöbén valósult meg.* A Gothard által alapított szombathelyi Asztrofizikai Observatórium ilyen előzmények után készül centenáriumának méltó keretek között való megünneplésére.



## TYCHO BRAHE ÖNÉLETRAJZA A HISTORIA CAELESTIS ELŐSZAVÁBAN\*

Elérkeztünk a KRISZTUS SZÜLETÉSE UTÁNI 1582. esztendőhöz. Ez, nem megvetendő s nem szerencsétlen módon, a Csillagászat küszöbön álló újjászületésére virradt föl.

Ez évben XIII. GERGELY PÁPA új törvényeket szabott a Julián-naptárnak, hogy a niceai kánonok és legszentebb, legkegyesebb határozatok jobban érvényesüljenek.

S ugyanebben az évben kezdte meg TYCHO BRAHE a „*Commentarium Animadversionum Caelestium*”-ot, amit III. FERDINÁND CSÁSZÁR is támogatott, s a most uralkodó LEGJOBB ÉS LEGHATALMASABB LIPÓT CSÁSZÁR a köz javára és olvasói hasznára, „*Historia Caelestis*” címen kiadott.

Helyénvaló lenne, hogy itt mindenekelőtt magának Brahénak származásáról szóljunk, hogy ifjúkora jeles elhatározásait s az Astronomia újraalkotásának jelentős kísérleteit bevezessük.

De ezt a munkát néhány évvel ezelőtt elvégezte már a tudós Gassendi, s mindazt, amit Brahe leveleiből, vagy Caesius és mások jelentéseiből megtudott, híven és nagy szorgalommal összeállította.

Nem is áll szándékunkban, hogy fölöslegesen ismételjük, ami Gassendinél, vagy — még Gassendi előtt — valamivel tömörebben a legtudósabb Ricciolinál megtalálható, és hogy azon a mezőn tallózzunk, amit tudós, az Astronomia dolgában nagy érdemeket szerzett férfiak előttünk már learattak.

Így hát csak szemelgettem, kivált azon szakaszokból, melyek közelebbről magukra ama „*Commentarium*”-okra vonatkoznak. Miért is ne?

A „*Commentarium*” szerzőjét azért illik mindenekelőtt bemutatnunk, hogy amaz embernek, kinek az Astronomiában oly nagy érdemei vannak, s ki rászorgált arra, hogy az utókor emlékezzék rá, legalább árnya s emlékképe fennmaradjon.

Hogy ez Tycho szíve szerint való, mutatják az itt adott „*Commenta-*

\* Csaba György (TIT Budapesti Planetárium) fordítása

rium"-ok, melyek elől Tycho képmását hordják, aranyvonalakból vagy szalagokból préselve; s mint az epigramma mondja:

*Ime Tycho Brahenak teeléd tárt titkos alakja;  
Csillogjon gyönyörűn, mit titok éjjele zárt.*

Különben Brahe, százada szokása szerint, görög módra, palliumban van ott ábrázolva; Nekünk ő római módon, tógásan is tetszett, a fali quadrans mellett, ahogy PRÁGÁBAN is megfestették, még mielőtt német földre utazott az utóbbi években.

A nagy férfiú származásáról és a BRAHE családról fölösleges itt többet mondanunk, hiszen családját ma URALKODÓKKAL ROKONT kapcsolatban állónak tekintik, hiszen ESSA BEATA, BRAHEUS MAGNUSNAK, A SVÉD KIRÁLYI FŐÉTEKFOGÓNAK leánya a FENSÉGES JÁNOS ADOLFHOZ, A SVÉD KIRÁLY TESTVÉREHEZ ment férjhez, az Astronomiának ugyanazon szerencséje folytán, amely Ptolemaeust, ki egyesek szerint régi egyiptomi királyoktól származott, a csillagászat művelésére indította.

Kora ifjúságában gyökerező merész törekvéseit és azokat a törvényeket, amiket Gassendi szerint mi ugyan szándékosan meghaladtunk, de amelyek révén Brahét dicsérni fő célja ama műnek, Constantinus Rhinotmetus nyomán eredetükre nézve serdülőkorára kell visszavezetnünk.

Úgy gondolom különben, hogy Brahe Astronomiájának csodálója számára mi sem lehetne hasznosabb, mint magát Brahét hallani önmagáról s a csillagászatban végbevitt vállalkozásáról; így az „*Astronomia mechanica*”-ban, amit II. RUDOLF CSÁSZÁRNAK ajánlott 1598-ban, mikor Dániát elhagyta.

ARRÓL, AMIT EDDIG

*a csillagászatban Isten segedelmével  
bevégeztünk, s amit az ő támogatásával  
még ezután kell elvégeznünk*

Az Úr 1563. évében, 35 évvel ezelőtt, a külső bolygók ama nagy együttállása idején, mely a Rák és az Oroszlán közt következett be, közvetlenül 16. évem betöltése után Lipszéban a humaniorákat tanulmányoztam, nevelőmmel, drága atyai nagybátyámmal, GEORGIUS BRAHE-val együtt tartva fenn magamat, ki mintegy 30 éve halt meg. Áldott emlékü atyám, OTTO BRAHE ugyanis öt fiát, kik közül az elsőszülött voltam, nemigen törekedett beavatni a latin irodalomba, s ez később bántotta is őt. Már gyermekkortól valójában az említett nagybátyám nevelt, s mindjárt egészen szabadon tartott, míg csak élt; 18 éves koromig mindig fiának tekintett, s örökösének tett meg. Házassága ugyanis

gyermektelen maradt; felesége (annak a PETRUS OXONIUSNAK nővére, ki később Dánia udvarmestere lett), a legnemesebb és legbölcsebb INGERA OXONIA úrnő, aki öt éve hunyt el, engem egész életében nagy szeretettel fiaként dédelgetett. A magasztos emlékü II. FRIGYES király idejében, 12 évig, a királyné udvarmesternője volt, s e hivatalában az én kedves és tiszteletreméltó édesanyám, BIELLA volt utóda 8 évig; ő még ma is él Isten kegyelméből, s már élete 71. évében jár.

Igy hát talán különös az a cselekedet, hogy előbb megnevezett nagybátyám engem gyermekkoromban, szüleim tudta nélkül, elvitt, s úgy 7 évesen latin iskolába adott, majd közel 14 évesen Lipcsébe küldött tanulmányaim folytatására. Erre azért térek vissza, hogy kitűnjék, milyen alkalom fordított először a szabad tudományok felé, majd afelé, hogy az Astronomia tanulmányozására adjam magam; s hogy Szüleim emlékét, akik ezt tőlem igazán megérdemelték, hálával megemlítem.

Hazámban, Dániában már előzőleg (hogy végre a tárgyra térjek) bizonyos könyveknek, kivált az Ephemeriseknek a segítségével a Csillagászat Elemeinek valamelyest megvetettem alapját, amikhez természetes vonzalom húzott; bármennyire ellenezte is nevelőm, aki szüleim szándékára hivatkozva jobban szerette volna, hogy jogot tanuljak (ez nem telt volna kevesebb évbe). Lipcsében kezdtem helyben összevásárolt könyvekből a Csillagászatot tanulmányozni, nagy-nagy titokban, nehogy nevelőm valahogy kiszagolhassa; művelni, majd megszokni mindama csillagképek figyelését, amelyek egy adott látóhatár felett észlelhetők, egy kis globus segítségével, valamint azt a harcot is, melyet esténként magammal szoktam vívni, hónapszámra magányos küzdelemben; és bár ezt senki meg nem merte volna jósolni, de megtanultam mindazt, amit kellett, holott a matematikusok közül senkit sem kérhettem föl, hogy oktasson. Pedig akkor gyorsabban és eredményesebben haladhattam volna.

Ezután a bolygók mozgásai kezdtek érdekelni. De mivel észlelésemet úgy végeztem, hogy e mozgásokat az állócsillagokhoz, illetve egyiktől a másikhoz húzott vonalakhoz viszonyítottam, vagy talán mivel ama kis globus helyei nem jól feleltek meg az égi helyeknek az „*Alphonsinus-táblázatok*”, s a Copernicus-féle számítások szerint; mindenesetre az jobb közelítésnek bizonyult, mint emezek; s ettől fogva napról napra figyelmesebben virrasztottam az adatok fölött, időnként összehasonlítva őket a „*Prutenicae*” számításaival (mert saját tanulmányaim alapján ehhez tértem vissza), nem bízván az Ephemerisekben: amennyiben a „*Stadiana*”-t s a belőle levezetett adatokat kivéve mindet sokhelyütt pontatlannak és hibásnak találtam.

Semmiféle eszköz nem állt rendelkezésemre, hisz azt is irigyelte tőlem nevelőm, ezért kezdettől fogva egy nagyobbacska körzövel végeztem a munkámat, ahogy lehetett; szememhez illesztve a közepét, két

szárát pedig a megfigyelendő bolygóra és egy közeli állócsillagra irányozva, vagy két bolygót választva ki így, távolságukat, a kör közrefogott fokainak száma szerint, mechanikusan vizsgálni tudtam. Meglehet, hogy e módszer nem elég exact, mégis ez vezetett rá, hogy mindkét számítás hibáját tűrhetetlennek ítélem. Ezt eléggé megmutatta a Jupiter és a Saturnus 1563-as nagy conjunctionja (amiről előbb már szóltam): hiszen erre nézve az „*Alphonsinus*” egy egész hónapot tévedett; Copernicusé is néhány napot, ami azért nem túl sok.

Mindazonáltal helyesbítésük e két bolygó esetében nem sokkal tér el az égi törvénytől, különösen a Saturnusnál, mert úgy tapasztaltam, hogy ez az égen a Copernicus számította helytől alig fél, de legfeljebb  $\frac{2}{3}$  fokkal tér el, míg a Jupiter eltérése ezt valamivel meghaladja.

Később, 1564-ben titokban készítettem magamnak fából egy „csillagászati radiust”, Gemma Frisius előírása szerint, és ezt áttelleges pontok segítségével (ahogy mesterétől, Homeliustól tanulta) gondosan beosztással látta el Bartholomaeus Scultetus, aki akkor szintén Lipcsében élt és közös tanulmányaink alapján bizalmas barátom volt. Miután e radiust megszereztem, a csillagok szorgalmas megfigyelésével foglalkoztam, valahányszor csak lehetővé tette a derült ég, és gyakran egész éjjel, míg nevelőm nem törődött velem s aludt, virrasztottam, hogy a deszkázott ablakból folytathassam megfigyeléseimet, s ezeket magányosan egy kis könyvbe jegyeztem föl, melyet ma is őrzök.

Kissé később értettem meg, hogy a radius osztásaival különböző módon egyenlőnek elfogadott és geometriailag arányba állított szögtávolságok nem mindenben felelnek meg egymásnak. Ráeszmélve e hibaforrásra átgondoltam a táblázatot, s ki tudtam javítani a radius hibáit. Akkor ugyanis nem volt alkalmam mással törődni. Nevelőm ugyanis, aki a pénzt kezelte, nem engedett ilyesmiket csinálnom. Így aztán sok észlelést csak akkor végeztem el a Lipcsében készült radiussal, amikor visszahívtak hazámba.

Aztán ismét Németországba utazván előbb Wittenbergben, majd Rostockban vizsgáltam a csillagokat, amennyire lehetett. 1569 táján s a következő években megfordultam Augsburgban, és azzal a nagy quadranssal, melyet a városon kívül, a Consul-kertben készítettünk (miről majd a maga helyén fogok említést tenni) s egy másik eszközzel, egy fa sextanssal, amit ott találtunk föl, gyakran figyeltem meg a csillagokat, s könyvemben leírtam a megfigyelteket; az eszközt később hazámban újra elkészítettem az előbbihez pontosan hasonlóan, csak valamivel nagyobbra; a Pyronomia munkájától főként az a csodálatos csillag vonzott újra az ég tanulmányozásához, mely 1572-ben tűnt föl (a Pyronomiát még Augsburgban kezdtem el s azóta is kínlódtam vele),



s melyet szorgalmasan észleltem, és előbb akkor egy kis könyvecskében, később egy egész kötetben híven és pontosan leírtam.

Ezután azon fáradoztam, hogy állandóan újabb és újabb csillagászati eszközökhöz jussak, ezek némelyikét egész Németországban mindenfelé vándorolva s áthaladva Itália egy részén is, magammal hordoztam, s ahányszor alkalom adódott a csillagok figyelésére, éltem is vele. Csak 28 évesen, hazámba visszatérve készítettem elő, titokban, másik, huzamosabb elutazásomat: elhatároztam ugyanis, hogy a svájci Baselt vagy valami vele szomszédos helyet választok tartózkodási helyemnek, amit már korábban kiszemeltem, hogy a megújítandó Astronomia alapjait ott rakjam majd le. Ez a hely ugyanis, híres akadémiaja és kitűnő tudósai miatt is, meg egészséges levegője, kényelmes életmódja alapján is jobban megtetszett nekem, mint Németország más részei: Basel ugyanis mintegy Európa három legkitűnőbb régiójának: Itáliának, Galliának és Németországnak a találkozásánál fekszik; így aztán innen s onnan sok kiváló és tanult férfiú baráti körét lehet levél útján összehívni, s fölfedezéseimet is annál szélesebb körben lehet a köz hasznára bocsátani.

Azt előre sejtettem, hogy e tanulmányokat hazámban nem végezhetném elég zavartalanul és biztonságosan, főként Scaniában, illetve lakóhelyemen, Knudstrupban, vagy ha bárhol is tartózkodnám Dániában, ahol az előkelők és barátaim gyakran jönnek össze, s ezzel, megzavarva filozófusi nyugalمامat, akadályozhatnának.

Csakhogy az történt, hogy midőn félrevonultan éltem, mintha sosem akarnék útra kelni, a dicső emlékezetű II. FRIGYES, Dánia és Norvégia leghatalmasabb és legfelségesebb Királya, hozzám küldte nemes fiai egyikét Knudstrupba királyi levéllel, melyben azt parancsolta, hogy azonnal menjek hozzá, ahol éppen meglelem őt Németalföldön. Így meg is jelentem, s ő, a legjobb és eléggé nem is magasztalható Király, saját elhatározásából s szabad akaratából felkínálta nekem a Dánia vizein fekvő híres szigetet, Hvent, amint mi nevezzük (latinossabban Venusiának lehet nevezni, a külföldiek Scarlatinának hívják), és azt kérte, hogy állíttassak ott épületeket, készíttessék műszereket a csillagászati gyakorlatokhoz meg a Pyronomia munkálataihoz; magát pedig kötelezte, hogy bőkezűen fedezni fogja ennek előre látható költségeit.

Miután kissé megfontoltam és néhány komoly emberrel megbeszéltem a dolgot, nem vonakodtam, hanem előbbi véleményemet megváltoztatva belenyugodtam a Király akaratába, kivált mert láttam, hogy ezen a Scania és Németalföld közt fekvő elhagyott szigeten a kíváncsiak zaklatásától megszabadulhatok, és megtalálhatom a nyugalmat s a jó fekvésű helyet, amit másutt kerestem; méghozzá a hazámban, ahová pedig minden hely közül leginkább tartozunk.

Nemsokára tehát elkezdtem Uraniburg csillagászati munkára alkalmas vára építését. 1676-ban és folytatólagosan mind az építkezést, mind a szabatos csillagászati észlelésekhez megfelelő műszerek felállítását elvégeztem; ezek különösen fontos részei a könyvben ábrázolva s magyarázva megtalálhatók. Közben már szorgalmasan virrasztottam az észlelések fölött, s ebben azok az éleselméjű és éleslátású tudósok támogatnak, akiket — egyiket a másik után — meghívtam e munkára, és e tudományra meg más filozófiai dolgokra oktattam. Így Isten segítségével szinte sohasem mulasztottuk el a derült időt, és el tudunk végezni sok pontos csillagászati észlelést mind az állócsillagokra, mind az összes bolygóra s a közben föltűnt üstökösökre vonatkozólag, mely utóbbiak közül hétnek gondosan följegyeztük a helyzetzeit.

Már 21 éve végeztük így észleléseinket. A kapott adatokat eleinte összeírtam nagy könyvekbe, majd az emberiség számára évekre osztott külön könyvekbe írtam le: úgy rendelkeztem, hogy az állócsillagoknak, ahogy abban az évben észleltük őket, külön helyük legyen; külön és egymástól elválasztva minden bolygónak is, kezdve a Nappal és a Holddal, majd a többi bolygónak is, a Mercuriussal bezárólag, hogy az se maradjon ki az észlelések közül, bár ritkábban figyelhető meg.

Sőt csaknem 15 éven át reggel vagy este szorgalmasan észleltük: bár maga a nagy Copernicus — mivel nem észlelte —, a rendkívül nagy sphaericus inclinatioval és a Visztula folyó páráival mentegetőzött; mi viszont, kissé még nagyobb inclinatio mellett egy szigeten, melyet mindenfelől igen pálás tenger övez (mint mondtam), ezt igen sokat figyeltük, illetve mértük. De talán Copernicus lakóhelye nem úgy helyezkedett el, hogy horizontja mindenfelé szabad legyen; így az észlelés még kényelmetlenebb lehetett. Ezt jelentette nekem az a nyunkatársam is, akit 14 évvel ezelőtt a pólusmagasság vizsgálata céljából küldtem volt el. Copernicus tehát, mivel felhagyott saját Mercurius-észleléseivel, kénytelen volt átvenni néhány adatot a Gualteriusnak, Regiomontanus nürnbergi tanítványának észleléseit tartalmazó könyvből, s ezeket talán nem elég hiven és precízen alkalmazta saját nézeteihez és bizonyításaihoz; ezért jó volna, ha a többi bolygóra vonatkozó észlelései, amit nagy szorgalommal igyekezett összeállítani, nem lettek volna sokkal pontatlanabbak. Akkor bizonyosan apogaeumukat és excentricitásukat, és a többi innen levezetett adatot sokkal kisebb hibával ismerhénk: magam is sok évi nagy és fáradhatatlan munkát, no meg jelentős költséget takaríthattam volna meg. Ezért midőn a különböző, művészien megépített eszközökkel 21 év alatt készült válogatott és akkuratús észleléseket, amelyeket előljáróban bemutatunk, meg az égi helyzetek leírásait, melyeket közzétettem (hogy az előző 14 év észleléseit ne is számítsam), a LEGRITKÁBB ÉS LEGÉRTÉKESEBB KINCSEK MÓDJÁN ÖRZÖM:

ezennel kissé megkésve is, a köz ítélete elé bocsátom, s talán még hozzáfűzhetek majd valamit, ha az isteni kegyelem megengedi.

Mindebből világos, hogy én már 16 évesen megszerettem a csillagok észlelését, s ezt csaknem 35 évig végeztem megszakítás nélkül: észleléseim közül egyesek biztosabbak, kiválóbbak. Azokat, amiket még Lipcsében igen fiatalon, 21 éves koromig végeztem, gyermekesnek és kétesnek szoktam nevezni. Amelyeket ezután, 28 éves koromig csináltam, ifjúkorinak mondom és közepszerűnek. A harmadikfélét azonban, amelyeket Uraniburgban, szakszerűen végeztem, ama kitűnő műszerekkel, érett koromban, csaknem 21 éven át, ötvenedik életem betöltéséig, nagy szorgalommal, azokat férfiúhoz méltónak, bizonyosnak és megbízhatónak tartom. A Csillagászat megújítását leginkább ezekkel igyekszem megalapozni és végrehajtani, bár lehetővé tenné ezt a megelőző évek észlelései közül is egynéhány. Isten kegyelméből már mindezt elvégeztük s földolgoztuk, már csak az van hátra, hogy az Ő nevét áldva kifejtsük s bevégezzük, ami a következőképpen áll:

A NAP mozgását határoztuk meg mindenekelőtt, sok év leggondosabb megfigyelései útján, nem is a napéjegyvenlőségek bekövetkeztének pontos vizsgálatával, hanem azok és a közbenző napfordulók pontjainak helye együttes figyelésével, főként az Ecliptica északi felén, mivel itt a delelő Nap nincs kitéve a refractio okozta hibának. Ezt mindkét oldalról sokszor igazoltam; s innen mind a Nap ez időpontokhoz tartozó apogaeumát, mind excentricitását geometriailag levezettem; ezekbe mind az „*Alphonsinus-táblázatoknál*”, mind Copernicusnál nyilvánvalóan hiba csúszott; így Copernicus adatai az apogaeumot közel 3 fokkal túlbecsülik, az excentricitás pedig csak  $2\frac{1}{6}$  rész lenne; így ehhez az excentricitáshoz tartozó félátmérő 60, míg Copernicusnál ennek alig az  $\frac{1}{4}$  része. A Nap összetett mozgásában azokban az években mintegy  $\frac{1}{4}$  fok hiba adódott. Ezért az egyesített Alphonsinus- és Copernicus-táblázatok csak becsléseket tehettek.

Innen mind az egyenletes mozgások, mind pedig az egyenlőtlenek törvényeit exact számokkal levezettem: úgyhogy a Nap lehető pontossággal igazolt, alkalmas adatokkal kifejezett pályáját illetően nincs többé kételynek helye. Nagyon is szükségszerű volt, hogy ez először a Nap esetére készült el, mivel az az égi mozgások viszonyítási alapja, és az írja le az Eclipticát, melyhez az összes többi mozgást viszonyítjuk. Ennek és az Aequatornak a hajlására más értéket kaptam, mint Copernicus és kortársai; ez szerintük 23 fok 31  $\frac{1}{2}$  perc. Mi 3  $\frac{1}{2}$  perccel nagyobbat kaptunk, figyelembe véve a Nap bizonyos téli állásbeli refractioját is, amit ők meg gondolatlanul elhanyagoltak. Mozgása közben előre meg tudtuk állapítani a Nap saját keringési törvényeit, és



megadtuk declinatiojának és rectascensiojának saját felfedezéseinkkel megalapozott új törvényeit. Sőt a parallaxisok és a refractiók megállapítására egyedülálló táblázatokról is gondoskodtunk.

A HOLDRA nem kevesebb figyelmet fordítottunk, hogy azokat a sok zavart okozó hibákat helyesbíthessük, ami nem olyan egyszerű és kézenfekvő, mint ahogyan a régiek és Copernicus vélték. Mert az őáltaluk megfigyelt longitudoban is van bizonyos egyenetlenség. Keringésének arányait sem figyelték meg elég pontosan. Még legnagyobb latitudojának határértékei is attól eltérő határok között vannak, mint ami Ptolemaeusból következik, akit e tekintetben a többi csillagász igen megdöbbenéssel követett; sőt a Hold egyenetlenül változtatja a latitudóját, s az egyenetlenség nagyságrendje  $1/3$  fok. Csomópontjai, azaz ahol útja átlépi az Eclipticát, szintén nem mozognak egyenletesen, mint ahogyan régebben hitték, hanem keringésenként ide-oda mozognak; ez egy másfél foknál valamivel nagyobb különbségként vehető észre. Mindezt 16 év lelkiismeretes megfigyeléseivel állapítottuk meg; e megfigyelések közt szerepel 18 holdfogyatkozás égi helyzetének precíz feljegyzése. Az elsőként említett egyenetlenség kimutatására e fogyatkozások hármásával sem elégségesek, mint ahogy Ptolemaeus, Albategnius, Copernicus vélte. Meggondolásaimba 6 napfogyatkozást is bevontam, mert itt ezek is használhatók valamelyest. Ezenkívül a Holdat quadraturákban, közepes mozgásától való legnagyobb kitéréseiben, apogaeum és perigaeum táján s az összes köztes helyzetben sokhelyütt és igen gyakran vizsgáltuk, hogy zavarba hozó mozgása kellően ismeretessé válhasson: ez sok évi hihetetlen munkával gyötört meg minket.

Így tártuk föl végül is annak szabályait, hogy instabil és sokféle vándorlásai milyen köröknek és számoknak felelnek meg. Így jött létre egy másik, a jelenségekkel összhangban álló hipotézis, ami mind az egyenletes és egyenlőtlen mozgásokat jellemző számokat, méghozzá nemcsak a longitudokra, hanem a latitudokra vonatkozóan is, mind pedig a parallaxisokat tekintve eltér attól, amit Ptolemaeus és Copernicus csinált, és mivel a tapasztalat csak egy hipotézissel való egyezést követelt, figyelembe vettük, hogy nem feledkezhetünk meg a Hold refractiójáról sem, hiszen enélkül a többi adatot sem tudtuk volna exactul meghatározni.

Mindezt és még néhány egyéb Hold-jelenséget illetőleg kész törvényeket adtunk meg, illetve a keresett mozgásait számítással meghatároztuk. Ezért úgy állapítottuk meg mindkét világító test pályáját, hogy megfeleljen az égi jelenségeknek, így fogyatkozásaiknak s más configuratioiknak; mozgásuk és járásuk ezután a legpontosabban ismeretessé válhat: amit már rég hiányoltak.



Amit tehát eddig mondtunk a Nap és a Hold mozgásainak újraalkotásáról, azt s még többet „*Progymnasmatum Astronomicae*” című munkánk új kiadásának első fejezete világosan kifejti majd. Aki hát erre vár, kívánsága ebben teljesülni fog. Így már csak az maradt hátra a két világító test vizsgálatából, hogy mindezt a további századokra is alkalmazzuk és általánossá tegyük; ez már nem olyan nagy fáradság, amennyiben a régi, megelőző megfigyelések, amelyekre támaszkodnunk kell, helyesek. Ezt az igazán teljesebb és egyetemes kifejtést a „*Theatrum Astronomicum*” című műre tartjuk fenn. Közben azonban a csillagászat iránt érdeklődők a „*Progymnasmatum Astronomicae*” idézett helyén elmondottakat igen jól felhasználhatják és kíváncsiságukat is kielégíthetik.

Emellett az összes ÁLLÓCSILLAGOT, amely csak valamennyire is látható, még a 6 magnitudosakat is, longitudo és latitudo szerint pontosan meghatároztuk, ugyanazon percben, sőt olykor ugyanazon félpercben. Így azután az általunk meghatározott csillagok ezrével vannak, míg a régiek sem számláltak meg többet, legfeljebb 22-en, akik délebbre laknak; vettek észre kb. 100 olyat, melyek itt számunkra mindig rejtve vannak; de ezek helyett mi más, igen halvány csillagokat mértünk ki, amelyeket viszont ők hanyagoltak el halványságuk miatt.

E nehéz munkán csaknem 20 évig dolgoztunk, mivel minden dolgot különféle eszközökkel alaposan meg akartunk ismerni. Az igen halvány csillagok nem vehetők észre, csak télen, amikor sötétek az éjszakák, és ha a Hold sem világít. Ezért tartott soká a várakozás, míg mindent annak rendje-módja szerint elvégezhattünk: mivel éppen újhold táján, amikor a legjobban lehet dolgozni, ritkán volt derült idő. Ugyanez állt fenn a reggeli és az esti Venus esetében is, a Nap közelsége miatt, míg a napéjegyenlőségtől számított longitudoit exactul megismertük; és sokféleképp ellenőriztük, visszavezetve az egészet arra, ami világosabban az V. fejezet 3. pontjában áll (amit éppen a következők alapjaként dolgoztunk ki, mivel a két előző nem elég nyilvánvaló), s amit az említett „*Progymnasmatum*” II. fejezete bőven kifejti avval együtt, hogyan vezettünk le innen más szabályokat, legelsősorban pedig azt, hogyan határoztuk meg hármasszabállyal exactul, hogy a Zodiacus és az Aequator metszéspontjai az egész égbolt területére nézve egy teljes legnagyobb kört mennyi idő alatt tesznek meg.

Észrevettem ugyanis, hogy a longitudokban nem olyan bonyolult az egyenlőtlenség, mint ahogy Copernicus találta. Amit ugyanis erről képzeltek, a régi és az új észlelésekbe hibaként csúszott bele, mivel a napéjegyenlőségi pontok praecessioja ezekben az években nem olyan lassú, mint ahogyan ő meghatározta. Most ugyanis nem 100 évenként, mint ahogy az ő számítása adja, hanem  $71 \frac{1}{2}$  évenként mozdulnak el egy

fokot az állócsillagok. Azelőtt is nagyjából így mozogtak, ha elődeink észleléseit helyesen limitáljuk, legalábbis a csekély és véletlenszerű irregularitásokra: mint a maga idejében kifejtjük, ha Isten is úgy akarja.

Az állócsillagok latitudoinak az Ecliptica ferdeségének variatioja miatti csekély ingadozását is elsőként fedeztem föl, és a mondott fejezetben különféle példákkal szemléltettem. Így bőven eléggé bizonyíthatjuk, s a tapasztalat is alátámasztja, hogy a csillagok helyét teljes és tévedhetetlen pontossággal határoztuk meg, valamint hogy sokukat több különböző eszközzel azonosnak találtuk.

E foglalatosságot nem mechanikus módszerrel végeztük, bár rendelkezésünkre állt egy nagy sárgaréz éggömb. Hanem ahol kellett, minden csillagot háromszög-számítással határoztunk meg: amint kiderül abból, amit a Cassiopeia csillagképről (melyben 26 csillagot számláltunk meg, kétszer többet, mint a régiek) ugyanezen fejezet vége felé elmondunk: több háromszögnek egyre újabb és újabb csillagokhoz illesztésével végeztük ezt el, aszerint, hogy volt kényelmesebb a vizsgálódás.

Bár a régiek — elődeink az állócsillagok helyének megjelölésében — oly nagy szorgalmat tanúsítottak volna, s ne lett volna abacusuk oly hibás, Hipparchostól egészen a mi időnkig, ki még egyhatod fok erejéig sem egyezik eléggé, mint most kiderült: sőt sokkal nagyobb, már elfogadhatatlan eltérés is gyakran található nála: és még magát a csillagok szögtávolságát is, mely mindig állandó marad, változónak mutatja. Ezek ugyanis a legtöbb csillag esetén egészen mások, mint ahogy a régiek adataiból következnek. Pedig az összes állócsillag egymástól mindig ugyanakkora távolságban marad, sőt ha gondosan megvizsgáljuk azokat, melyek Hipparchos és Ptolemaeus szerint egy egyenesre esnek, ez is csak ugyanazt bizonyítja, minthogy még mindig változatlanul egy egyenesen maradtak. Azon csillagok törvényszerűségeit, melyeknek ugyanazon percben, sőt néha félpercben vett longitudoit és latitudoit mi határoztuk meg újra, a maga idejében s helyén majd megadjuk.

Nemcsak a csillagok longitudojának és latitudojának pontos meghatározásán dolgoztunk, hanem 100 csillaggal külön is foglalkoztunk. Rectascensiojukat és declinatiojukat, amit háromszögek segítségével kiszámítottunk, kétszáz évre meg is adtuk úgy, hogy a közbeeső évekre is alkalmazni lehessen. Ezenfelül még a csillagok refractiojának egy sokszoros és naponkénti tapasztalat alapján készült külön táblázatát is mellékeljük. Ha erre valaki nem ügyel, akkor a csillagok helyét nem tudja meghatározni, kiváltképp nem azokét, melyeknek magassága a látóhatár felett 20 foknál kisebb. Ezért az általunk kiszámított csillaghelyekbe, ahol csak szükséges volt, beleszámítottuk a refractio hatását. E refractiok tudniillik (mint ezt már említettünk) a csillagok esetében

mások, mint a Napnál. Nemigen különböznek viszont attól, amit a Holdnál tapasztalhatunk: mint már régen megállapítottuk és fölfedeztük.

Az állócsillagokkal kapcsolatban már csak az maradt hátra, hogy egyetemes mozgásukat a világegyetem örökkévalóságának minden korszaka számára alkalmazva megadjuk. Ennek nem lesz nehéz akkuratusan eleget tenni, csak e megfigyelések közül a régieket nem kell túl széleskörűen elfogadnunk. De alkalmas korlátozással elfogadhatjuk őket, és remélem, ebben a tekintetben a csillagászat művelői kívánságának eleget fogok tenni.

Kíváncsi volna persze, hogy a még fennmaradó, a régiek által említett olyan csillagokat, melyek a mi vidékünkéről sosem láthatók, hozzátehesse az általunk már ezrével megvizsgáltakhoz: ugyanúgy másokat, amelyeket még az Egyiptom területén élt régiek sem láthattak, amelyek a déli Pólus közelében helyezkednek el. Az Egyenlítőn túl hajózóktól ugyanis arról értesültünk, hogy ott csodaszépen ragyogó csillagok vannak. Először Egyiptomba vagy valami efféle afrikai helyre kellene elutazni, s feljegyezni szorgalmasan az ott már megjelenő csillagokat. Másodszor azt kellene elérni, hogy valaki elutazhasson Dél-Afrikába, vagy más, az Egyenlítőn túli területre, ahonnan aztán már minden, a déli Pólus körüli csillag látható, hogy azokról is készüljenek megfigyelések. Ezért az előkelő és hatalmas uraknak egyik vagy másik kéréssem (s mások kérése) támogatása nem lenne terhére, bizonyára nemessen cselekednének és evvel az egész utókor számára hirdetnék örök emlékezetüket: amennyiben ezt tudtunkkal eddig a kellő módon nem kísérelte meg senki, s így ez teljességgel elvégezetlen. Én magam nem vonakodnám, hogy műszereket és a közben itt összegyűlt dolgokat odaadjam: csak lennének, akik e feladatra gondot akarnának fordítani, és alkalmas embereknek lehetőséget nyújtanának e dicséretes foglalatosságra.

Nem hagyhatjuk említés nélkül az öt hátralevő BOLYGÓVAL kapcsolatos tévedések kutatását és kijavításukat: és mindezekre, azaz apogaeumukra és excentricitásukra, amit alaposan megvizsgáltunk, akárcsak egyszerű mozgásaikra, valamint pályáik s keringésidejük arányaira kitérünk majd, nehogy hibák bújhassanak meg bennük; már magukban az apogaeumokban is észrevettünk egy eddig fel nem fedezett egyenlőtleniséget; továbbá annál az évi kőrnél, amit Copernicus a Föld Nap körüli keringésével magyaráz, a régiek viszont epicyclosokkal, mi bizonyos hibát, illetve változást vettünk észre. Mindezek és más hasonlók alapján saját hipotézisünket, mely mindezt s még több dolgot is érint, s amit 14 évvel ezelőtt állítottunk fel a jelenségek alapján, megalapozottnak látjuk; ezt mások — kik közül ismerek három nevezetes személyt —, eddig saját felfedezésüknek tulajdonították, s volt bőr a képükön, hogy idegen tollakkal ékeskedjenek: ha Isten is úgy akarja,



majd a maga idejében és helyén kihasználom az alkalmat, és túlzott arcátlanságukat visszautasítom és meghazudtolom, világosan rájuk bizonyítva, hogyan viselkedtek, hogy akinek van józan ítélőképessége, annak ne legyen oka habozni avagy ellentmondani. Kímélni fogom viszont azokat, akik bátran bevallanák vétkeiket és kibékülnének velem. Így hát most szándékosan tartózkodom tőle, hogy megnevezzem őket.

Nem hagytuk javíthatatlanul, mint elődeink Ptolemaeus óta, a bolygók eredeti latitudoit, hanem mind az öt bolygóét az egész keringés folyamán szorgalmasan megfigyelve meghatároztuk fordulópontjaikat és az Eclipticán való áthaladásukat, hogy mind összhangban legyenek az égen: ebből világosan kitetszik, hogy a három külső bolygó csomói, illetve maximális latitudoik határai nem bizonyíthatóan hibásak; ám a többi bolygónál a saját adatainkhoz kell ragaszkodnunk, még ha helyes is, amit ezekről Ptolemaeus állított, s ahonnan az „*Alphonsinus*” és Copernicus is kölcsönzött — saját megfigyeléseinkre nem alkalmaztunk semmiféle correctiot. Ezért van az, hogy a bolygók néha az égen délen állnak, holott az ő táblázataik szerint északon kellene lenniük, és viszont.

Az öt bolygóval kapcsolatban tehát nem maradt más kifejténivaló, csak az, ami longitudoik és latitudoik körül másként van, mint ahogy a használatos táblázatok feltüntetik, meg mindaz, ami még ezzel összefügg, s amit már több, mint 25 éve (hogy az előző 10 évet ne is említsük) a bolygóállásokról kapott pontos megfigyelésekből kikutattunk és megállapítottunk, és hogy mindezt új és alkalmas szabályok alapján számokkal is kifejezzük; ezt már megkezdtük s alapjait leraktuk.

Néhány számoló könnyen elvégezhetné az elkövetkező években az Ephemerisek rendbetételét, ahogyan kívánatos is volna. A Nap és a Hold táblázatai már készen vannak, de még előttiünk áll, hogy a jövőben csekély fáradsággal ellenőrizzük, megegyezik-e az égitestek általunk megadott mozgása a jelenségekkel, s mindig és mindenhol helyesen egyezik-e meg velük.

Végül igen hasznos lenne a Csillagászat teljessé tételéhez, ha a földi helyeknek pontosan megismernénk nem is annyira a hosszúságát, mint inkább szélességét. Ezen, amennyire lehetett, eddig is szorgalmasan dolgoztunk, és el is határoztuk, hogy néhány helyet pontosan meghatározzunk. Igaz, e munkának nem tudnánk kielégítően megfelelni, ha különböző távoli helyeken bizonyos holdfogyatkozásokat, azok időbeli lefolyását különböző megfigyelők hasonló szorgalommal fel nem jegyeznék: ha tehát ebben a Föld különböző helyein élő Királyok, Császárok és más kiváló és hatalmas férfiak adakozó és hasznos előrelátást tanúsítanának, igen értékes művet vinnének véghez. Így a Csillagászat, amíg csak vannak különböző földi láthatárok, egyenletesen fog fejlődni. Az örök és a Világgal egyidős égitestekkel foglalkozva sok évig fáradhatatlan



munkával és szorgalmasan, közben nem csekély buzgalommal vizsgáltuk meg az ezektől idegen, a légkör világához tartozó testeket is, ahány csak feltűnt közben: elsősorban azt az új és módfelett csodás csillagot, mely 1572 vége felé tűnt fel, és 16 hónapig volt látható, míg teljesen el nem halványodott. Erről a csillagról, míg látszott, írtunk egy könyvecskét (amint korábban röviden érintettük), s közöltük megjelenését. Néhány évvel később aztán újra elővettük e munkát, s a csoda nagysága miatt egy egész kötetet tettünk hozzá, s bizonyos okokból úgy határoztunk, hogy a „*Progymnasmatum*” első kötetében közöltekhez soroljuk; és ebben nemcsak azokat a megfigyeléseket mutatom be világosan és szemléltetem geometriailag, melyeket e bámulatos csillagról magunk végeztünk, hanem másokét is azonfelül, amelyeket csak megismerhettünk és megjegyezhattünk, a filozófia szabadságával megvizsgálom, s kutatom és nyilvánosságra hozom, hogy magával az igazsággal egyeznek-e vagy sem.

Arról a figyelemreméltó üstökösről, ami 5 éve tűnt föl, külön könyv készült; ebben a másikhöz hasonlóan mind saját észleléseinkkel és megállapításainkkal, mind mások kijelentéseivel kellően foglalkozunk, s ezekhez rájuk vonatkozó apologiákat és a feltűnőbb fényességű üstökösökről szóló munkákat fűztünk: ezzel akartuk megtölteni a „*Progymnasmatum*” II. kötetének teljes első részét. Egy másikban a többi hat kisebb üstökössel fogunk majd foglalkozni, amit a következő években jegyeztünk föl nagy szorgalmasan, ha Isten is úgy akarja. Lehetséges, hogy ezek nincsenek még teljesen megoldva, de jelentős és nagy részüik mégis el van látva magyarázatokkal. Az állandó csillagok sem hagytak nekünk időt, hogy a mulandóknál és gyorsan áthaladóknál időzzünk. De remélem, hogy e második kötetet, ha az Isteni jószág kedvez, hamarosan teljessé tehetem. Ebben világosan bemutatom majd az összes följegyzett üstökössel kapcsolatban — egyesekről érthetőbben, másokról amennyire lehetőség van rá —, hogy mind a világéter régiójában tartózkodtak, és sohasem a Hold alatti légkörben, ahogyan előttünk hiába hittették el annyi századon keresztül Aristoteles és követői. Hogy a „*Progymnasmatum*” második kötetében miért az üstökösökről szólok, mielőtt a hátralevő öt bolygóra térnék, melyekről a harmadikban akarok értekezni, erre vonatkozó megfontolásaimról az előszóban beszélek: e megfontolások közt az a legfontosabb, hogy az üstökösök alapján, melyeket valóban az éterben levőknek itélek, eléggé egyetérthetünk abban, hogy az egész ég igen átlátszó és folyékony, nem pedig valami valódi szilárd gömb: amelyben, mint sokan vélik, az egyes égi pályák rögzítve vannak; és következőleg az általunk felállított hipotézis semmi abszurditást nem tartalmaz, hisz nem kell a köröket vagy dimensiokat áttörni, ha azoknak nincs semmi realitása.

Azt hát, amit a CSILLAGÁSZATBAN részint elvégeztünk, részint még elvégzendő maradt, legyen elég így röviden említenem.

Az ASTROLOGIÁBAN is nem megvetendő munkát fordítottunk a csillagok hatásának kutatására, hogy a tévelygésektől és babonáktól megszabadítva jobban összhangba kerüljön a tapasztalattal, amelyen alapul. De ebben kevésbé tartom lehetségesnek egy olyan exact eljárás kidolgozását, ami a geometriai és astronomiai igazsághoz hasonló lenne. Ifjúságom idején nagyon ragaszkodtam a csillagászati prognostica azon részéhez, mely kétes és statisztikusan ingadozó, de ezután, mivel a csillagok mozgásán alapul, amit nem láttam elég tisztán, félretettem azt, míg ezt az alkalmatlanságot nem orvosolják; majd a csillagok útját exactabbul feltárván újra elővettem, s úgy találtam, hogy e megismerésnek sokkal nagyobb a bizonyossága — bármennyire hiúnak és feleslegesnek vélik is nemcsak a tudatlanok, de még a tanult emberek legtöbbször, köztük matematikusok is —, s ezt bárki könnyen beláthatja: mind a meteorológiai hatások és előrejelzések, mind az örökléstan révén, melyek idővel kielégítően helytállnak majd, s a csillagok égi mozgásával és járásával összhangba kerülnek, ha irányukat és keringéseiket helyesen használjuk föl; ez utóbbi kettőt illetően más magyarázatot adtuk ennek a tapasztalatnak, mint amit eddig használtak. A mi Astrologiánkat nem szívesen áruljuk el másoknak, bár nem keveset fedeztünk föl belőle: mivel nem mindenki tud kellő körültekintéssel élni, felülemelkedve a babonákon és a túlzott hiszékenységen, amely egyetlen teremtményt sem illet meg. Ezért semmit, vagy legalábbis igen keveset fogunk idevonatkozó felfedezéseinkből nyilvánosságra hozni. Erről hát röviden s általában legyen elegendő ennyit mondanom.

De az alkímia előkészületeiben vagyis a pyronómiai gyakorlatokban nem kis gondot fordítottam rá, hogy mellékesen jelezzem, ahol a tárgyalt anyag analógiában áll az égitestekkel és befolyásokkal. Ezért ezt földi Astronomiának szoktam nevezni. A megismerés és magyarázat e tárgyairól már 23. éve, mint ahogyan az égitestekkel is megbirkóztam, igen sok mindent tudtam meg nagy fáradsággal és költséggel, mind a fémekről, az ásványokról, mind a drágakövekről, az élőkről és növényekről s más ehhez kapcsolódó témákról. Mindezt illustris és előkelő férfiakkal és más jeles és művelt emberekkel, akik hasonlókkal bajlódhatnak, vagy ezekről vannak valamilyen ismereteik, szabadon megbeszélni, vagy közülük némelyekkel megtárgyalni alkalomadtán nem vonakodnám; bár kívánságommal jobban megegyeznék, ha e dolgok titokban maradnának. Nem hasznos dolog ugyanis, ha ilyesmi közismertté válnak, és nem is megnyugtató dolog. Ha sokan szabadon kimondják is, nem adatik meg bárkinek, hogy e titkos tanokat, amint kell, a természet kívánalma szerint ártalom nélkül s hasznukra kövessék.



## Tartalom

### Táblázatok

A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai .....	6
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának heliografikus koordinátái 0 <sup>h</sup> világidőkor .....	30
A holdkorong sugara 0 <sup>h</sup> világidőkor .....	31
A szabad szemmel látható bolygók adatai .....	32
Az Uránusz és a Neptunusz adatai .....	39
A bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái .....	40
A Jupiter-holdak helyzetei és jelenségei .....	42
A Mars és a Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsá- ga és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag .....	50
Bolygókorongok megvilágításának adatai .....	52
Hullámhossz-frekvencia ( $\lambda - \nu$ ) összehasonlító táblázat .....	53
A fél napi ív hossza 47,5° földrajzi szélességen .....	54
Időegyenlet (valódi idő mínusz helyi középideő) .....	56
Középidő átszámítása csillagidőre .....	58
Csillagidő átszámítása középidőre .....	59
Szögmértékek átszámítása időadatokra .....	60
Időadatok átszámítása szögmértékekre .....	61
Julián-dátumok 1908—2000 .....	62
Kiegészítő tudnivalók a táblázatokhoz .....	66
A csillagos ég 1981-ben .....	67

### Beszámolók

Szeidl Béla: Az MTA csillagvizsgáló Intézet beszámolója az 1980. évről .....	81
Almár Iván: A Kozmikus Geodéziai Obszervatórium működése az 1978—1979-es években .....	89



Ponori Thewrewk Aurél—Zombori Ottó: TIT Budapesti Planetárium és Uránia Bemutató Csillagvizsgáló az 1979. évben .....	95
Kanyó Sándor: A TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmányának és Szakosztályának 1979. évi tevékenysége .....	105

### *Cikkek*

Balázs Lajos: A csillagászat legújabb eredményeiből .....	121
Barlai Katalin: Röntgensugárzás gömbhalmazokban .....	130
Illés Erzsébet: Gyűrűk a bolygók körül .....	153
ifj. Kálmán Béla: Mágneses terek a Napon .....	183
Marik Miklós: Mágneses csillagok .....	216
Nagy István György: Két centenárium .....	237
Németh Zsuzsanna: Stelláris háromszögelés .....	249
Patkós László: Kölcsönható kettőscsillagok .....	266
Szécsényi-Nagy Gábor: Az extragalaktikus objektumok morfológiai vizsgálata és néhány különösen jellemző tulajdonságuk .....	281
Tihanyi László: Csillagászat és világnézet .....	301
Tóth György: Százéves a Gothard Obszervatórium .....	316
Tycho Brahe önéletrajza a Historia Caelestis előszavában .....	322



A borító és a kötésterv Radó Péter munkája

A kiadásért felel a Gondolat Könyvkiadó igazgatója

80. 03284 Petőfi Nyomda, Kecskemét

Kecskemét 1980

Felelős vezető: Ablaka István

Felelős szerkesztő: Gerner József és Schlosser Tamás

Műszaki vezető: Gonda Pál

Műszaki szerkesztő: Radó Péter

Megjelent 10 000 példányban,

21,25 (A/5) ív + 16 oldal melléklet terjedelemben, az MSZ 5601—59 és  
5602—55 szabvány szerint





47,— Ft

Schmidt  
telescope

